

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC  
FAKULTA TEXTILNÍ

ANALÝZA TERMOIZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ  
SPECIÁLNÍCH ŽIVOČIŠNÝCH VLÁKEN

LIBEREC 2012

TOMÁŠ HAVLÍČEK

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC  
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

ANALÝZA TERMOIZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ  
SPECIÁLNÍCH ŽIVOČIŠNÝCH VLÁKEN  
THERMAL ANALYSIS OF SPECIAL FEATURES OF  
ANIMAL FIBRES

Tomáš Havlíček

KTT

**Vedoucí bakalářské práce:** ing. Jana Salačová, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu:	45
Počet obrázků:	82
Počet tabulek:	5
Počet grafů:	0

Tomáš Havlíček: **Analýza termoizolačních vlastností speciálních živočišných vláken**

1. Proved'te literární rešerši na téma termoizolační vlastnosti speciálních živočišných vláken
2. Navrhněte a realizujte experiment zjišťování vybraných vlastností speciálních živočišných vláken (psí chlupy, králičí srst, srst pravé polární lišky) se zvláštním zřetelem na termoizolační vlastnosti
3. Výsledky porovnejte s termoizolačními vlastnostmi vlněných vláken.
4. Proved'te vyhodnocení a diskusi výsledků práce

Literatura: Militký, J.: Textilní vlákna klasická a speciální. Skripta TUL, Liberec 2002.

## PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne

.....

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla pod odborným vedením paní Ing. Jany Salačové, Ph.D. Tímto jí chci poděkovat za poskytnuté rady a připomínky k bakalářské práci. Dále bych rád poděkovala zaměstnancům Katedry hodnocení textilií a Katedry textilních materiálů za možnost využití laboratorního zařízení.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá měřením termoizolačních vlastností speciálních živočišných vláken: vlákna psí – kavkazský ovčák, vlákna polární lišky a králíčí. Cílem práce je tato vlákna porovnat s termoizolačními vlastnostmi vlny ovce domácí a s vlnou ovce australské – merino pro určení kvality vláken. V experimentální části jsou zjišťovány tepelné vlastnosti: tepelná jímavost, měrná tepelná vodivost, tepelný tok, plošný odpor vedení tepla a měrná teplotní vodivost uvedených vláken a vláken vlny ovce domácí a vlny ovce australské - merino na přístroji Alambeta. Zjištěné hodnoty uvedených vláken budou porovnány s vlákny vlny ovce domácí a vlny ovce australské - merino.

### **Klíčová slova:**

Tepelná jímavost, měrná tepelná vodivost, tepelný tok, plošný odpor vedení tepla, měrná teplotní vodivost, REM-rastrovací elektronový mikroskop, Alambeta, Vibroskop 400

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with the measurement of thermal insulation properties of special animal fibers: dog fibers - Caucasian Shepherd, polar fox and rabbit fibers. The aim is to compare these fibers with thermal insulation properties of sheep wool and Australian domestic sheep wool - merino for fiber quality determination. In the experimental part are measured thermal properties: heat capacity, specific heat conductivity, heat flux, surface resistance of heat conduction and specific heat conductivity of these fibers and wool fibers, sheep wool and Australian domestic sheep wool - merino on the Alambeta device. The values determined for these fibers will be compared with from domestic sheep wool and Australian sheep wool - merino.

### **Key Words:**

thermal absorbability, thermal conductivity, thermal flux, surface resistance of heat conduction, specific thermal conductivity, SEM-scanning electron microscope, Alambeta, Vibroskop 400

## Obsah

<b>Úvod</b>	10
<b>1 Teoretická část</b>	11
1.1 Charakteristika vlákna	11
1.2 Vláknenná struktura	11
1.3 Jemnost vláken	12
1.4 Dělení vláken	13
1.4.1 Vláknna živočišná	14
1.4.1.1 Vláknna ze srstí	14
1.4.1.1.1 Ovčí vlna	14
1.4.1.1.2 Angorský králík	17
1.4.1.2 Speciální vlákna ze srstí	18
1.4.1.2.1 Polární liška	18
1.4.1.2.2 Psi srst	18
1.4.1.2.2.1 Kavkazský ovčák	19
1.5 Rastrovací elektronový mikroskop	20
1.5.1 Princip REM	20
1.6 Alambeta	21
1.6.1 Princip	21
1.6.2 Termoizolační vlastnosti měřené Alambetou	22
1.7 Vibroskop 400	24
<b>2 Experimentální část</b>	25
2.1 Použité přístroje	25
2.2 Parametry zkoumaných vláken	25
2.3 Vibroskop 400	26
2.3.1 Podmínky měření	26
2.3.2 Měření na přístroji Vibroskop 400	26
2.4 Rastrovací elektronový mikroskop	28
2.4.1 Příprava vzorků	28
2.4.2 Podmínky snímání	28
2.4.3 Snímání na Rastrovacím elektronovém mikroskopu	28
2.5 Alambeta	32
2.5.1 Příprava vzorků	32

2.5.2 Podmínky měření.....	32
2.5.3 Měření na přístroji Alambeta.....	32
2.6 Diskuze a vyhodnocení výsledků.....	44
<b>3 Závěr.....</b>	<b>55</b>
<b>4 Použitá literatura.....</b>	<b>56</b>



## Seznam použitých symbolů

$b$	tepelná jímavost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$\lambda$	měrná tepelná vodivost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
$q$	tepelný tok	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
$r$	plošný odpor vedení tepla	$[\text{K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{W}^{-1}]$
$a$	měrná teplotní vodivost	$[\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$
	jemnost v decitex	$[\text{dtex}]$

## Úvod

Pojem termoizolace je takzvané zateplení, zabránění nebo snížení prostupu tepla. Tuto vlastnost materiálů využívá lidstvo odjakživa po celém světě. S pojmem termoizolace se nesetkáváme pouze v textilním průmyslu, ale také ve stavebnictví, hutnictví, zemědělství,... Vlastnost materiálu dobře udržet teplo nebo zabránit jeho úniku je tak rozšířený, že se s ním setkáváme skoro všude každý den. Lidé, kteří žijí v polárních oblastech, musí mít lepší materiál pro udržení tělesného tepla, než lidé žijící v mírném podnebním pásu. Nebo v dnešní době velmi rozšířený horský turismus, který vyžaduje velmi kvalitní materiály pro jeho absolvování. I když lidé rádi navštěvují oblasti chladnější a méně hostinné, s sebou mají oblečení a vybavení pro lepší pohodlí.

V dnešní době je známo a využíváno mnoho materiálů pro zlepšení vlastností svrchního oblečení jako bund a kalhot, ale také spacáků, přikrývek a dalších. Chemická vlákna si člověk může uzpůsobit vlastním potřebám. Vybrat zda chce kulaté, hranaté nebo jinak atypicky vypadající vlákno, jestli má být vlákno duté či plné. U vláken živočišných nemůže člověk vzhled, délku a jemnost přímo ovlivnit. Každý živočich se srstí má vlákna uzpůsobená pro své potřeby. Živočišná vlákna mohou být plná, dutá či s póry. Některá jsou hladší, jiné s vystouplejšími šupinkami a tvar vláken je více kruhový nebo atypický.

Pro svou bakalářskou práci jsem si vybral zjišťování vlastností speciálních vláken s větším důrazem na jejich termoizolační vlastnost. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první teoretické části je popsána literární rešerše termoizolačních vlastností a vláken, jejich struktura a charakter. Dále jsou popsána podrobněji zkoumaná vlákna - ovce tuzemská, ovce merino, polární liška, králík a kavkazský ovčák. V poslední části teorie jsou popsány použité přístroje Vibroskop 400, Rastrovací elektronový mikroskop a Alambeta. V druhé, experimentální, části je realizován experiment zjištění vybraných vlastností s větším důrazem na jejich termoizolační vlastnosti. Získané hodnoty na měřicích přístrojích jsou uspořádány do grafů a tabulek. Hodnoty srstí kavkazského ovčáka, polární lišky a králíka jsou porovnány s výsledky vláken vlny ovce australské – Merino a ovce tuzemské. Vlákna vlny jsou velmi rozšířené po celém světě a pro porovnání jsou velmi vhodné. V poslední části je provedena diskuze ohledně zjištěných výsledků a vyhodnoceny možné výhody a nevýhody zkoumaných vláken.

## 1 Teoretická část

### 1.1 Charakteristika vlákna

Vlákno je délková textilie. Může být pružné, ohebné, mít různý původ, délku a profil. Vlákno je pro textilie základní stavební jednotkou. Vlákno je děleno na spřadatelná, nekonečná a nespřadatelná (jedná se o vlákna, která jsou kratší než 10 mm) [1].

Typickým rysem pro vlákna je, že tloušťka vlákna mnohonásobně převyšuje jeho délku. Běžná tloušťka vláken se obvykle pohybuje v rozmezí od  $d=10^{-6} - 10^{-4}$  m. Délka vlákna se pohybuje v rozmezí od  $l=10^{-2} - 10^{-1}$  m. Poměr  $l/d=10^3$  ukazuje, že převažujícím rozměrem je délka vlákna.

Vlákna přírodní mají délku i tloušťku danou podmínkami růstu vláken. Proto jsou člověkem ovlivňována pouze nepřímo.

Vlákna syntetická a chemická je možné měnit dle potřeby. Jejich délku a tloušťku, ale také tvar příčného řezu.

Vlákna mají řadu specifických rysů, které je odlišují od ostatních materiálů [2].

### 1.2 Vlákenná struktura

Vlákenná struktura vzniká vlivem nevratné orientace makromolekul podél osy vláken a částečnou krystalizací, (tj. třírozměrným uspořádáním). Elementem je mikrofibrila, která je charakterizována pravidelným střídáním amorfních a krystalických oblastí. Mikrofibryly se shlukují do vyšších útvarů „fibril“, kde jsou vzájemně propojeny vaznými řetězci. Také fibrily mohou tvořit svazky. Na jednotlivých úrovních jsou vždy strukturní elementy protáhlého vřetenového tvaru. Vlákenná struktura je typická jak pro přírodní, tak pro syntetická vlákna [2].

### 1.3 Jemnost vláken

Tloušťka přírodních vláken se pohybuje v rozmezí 10–40  $\mu\text{m}$ . U syntetických vláken je rozmezí 10–25  $\mu\text{m}$ . K vyjádření tloušťky vláken se používá jemnost (měrná lineární hmotnost) [2].

Jemnost vláken se udává v jednotkách tex [ T ]. *Jemnost 1 tex znamená, že délka 1 km délkové textilie má hmotnost 1 g* [1].

$$T = \frac{m[g]}{l[km]} = \frac{m[g]}{l[m]} * 1000 \quad (1)$$

*T – jemnost vláken*

*m – hmotnost vláken*

*l – délka vláken*

Měrná hmotnost většiny vláken se pohybuje od 900 do 1600  $\text{kg/m}^3$ . U keramických vláken je rozmezí od 2000 až po 4000  $\text{kg/m}^3$ , kovová vlákna od 2000 do 10000  $\text{kg/m}^3$  a uhlíková vlákna mají rozmezí od 1600 do 2100  $\text{kg/m}^3$  [2].

Obecně platí, že

$$T = \frac{l * S * \rho}{l} \quad (2)$$

*T – jemnost vláken*

*l – délka vláken*

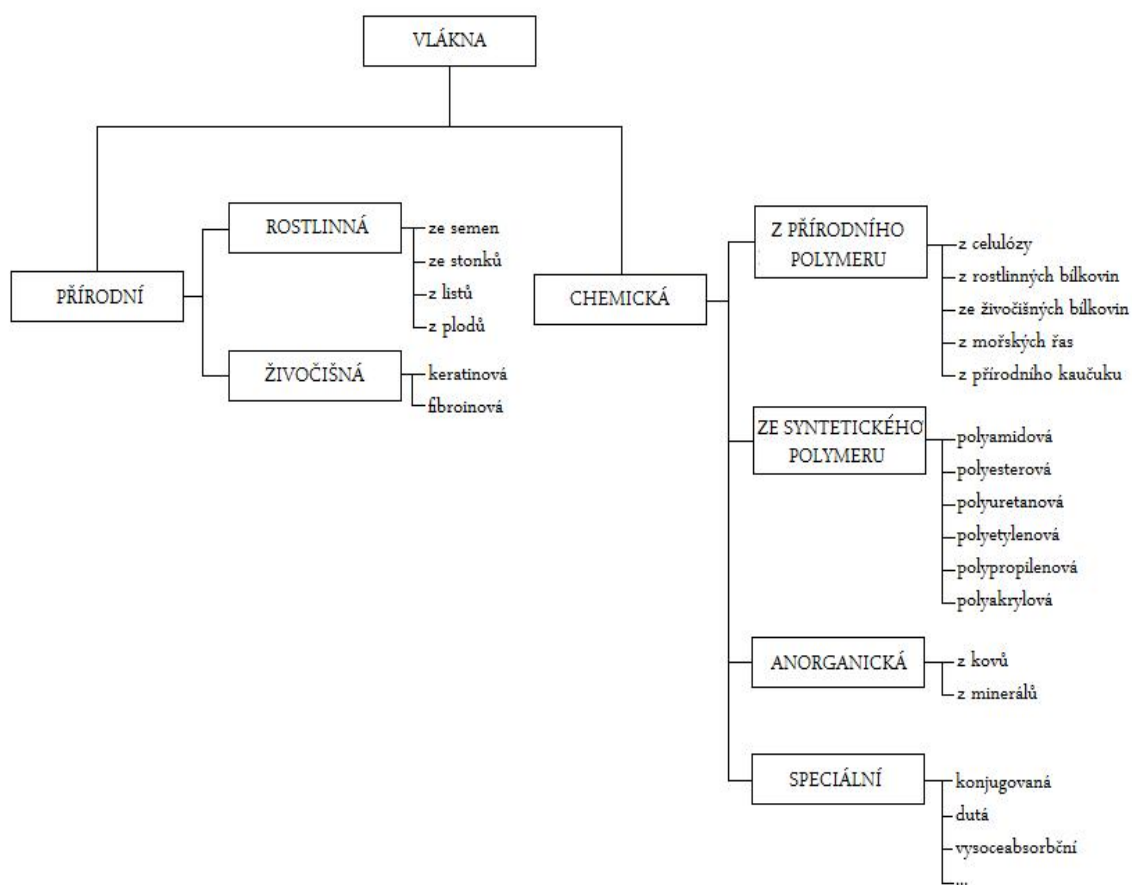
*S – plocha příčného řezu vlákna*

*$\rho$  – hustota vláken*

Kde S je plocha příčného řezu a  $\rho$  je měrná hmotnost (hustota) vlákna. Jemnosti vláken se pohybují v jednotkách dtex. Je zřejmé, že při stejné jemnosti T bude průměr vláken s menší měrnou hmotností (hustotou) větší než průměr vláken s vyšší měrnou hmotností [2].

### 1.4 Dělení vláken

Vlákna jsou dělena na dvě základní skupiny. První skupina jsou vlákna přírodní. Do druhé skupiny patří vlákna chemická. Podrobné rozdělení je vidět na obr. 1 [2].



Obr. 1: Rozdělení vláken [2].

### 1.4.1 Vlákná živočišná

Jedná se o vlákna na bázi bílkovin (proteinů). Proteiny jsou podstatou všech živých tvorů. Živočišná vlákna jsou dělena do dvou základních skupin. Na vlákna ze srstí. Tato skupina obsahuje velké množství keratinu. Druhá skupina jsou vlákna ze sekretu hmyzu. Obsahují fibroin [2].

#### **1.4.1.1 Vlákná ze srstí**

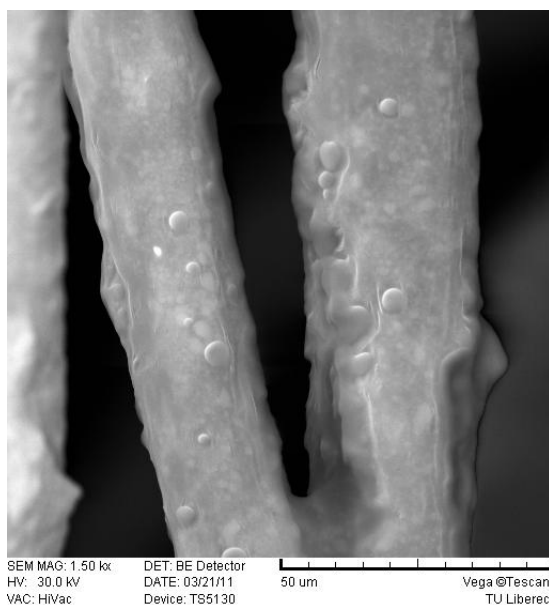
##### **1.4.1.1.1 Ovčí vlna**

Je zřejmě jedním z nejpoužívanějších vláken pro zpracování. Chov ovcí je nejrozsáhlejší na celém světě. Srst se získává stříháním celého zvířete.

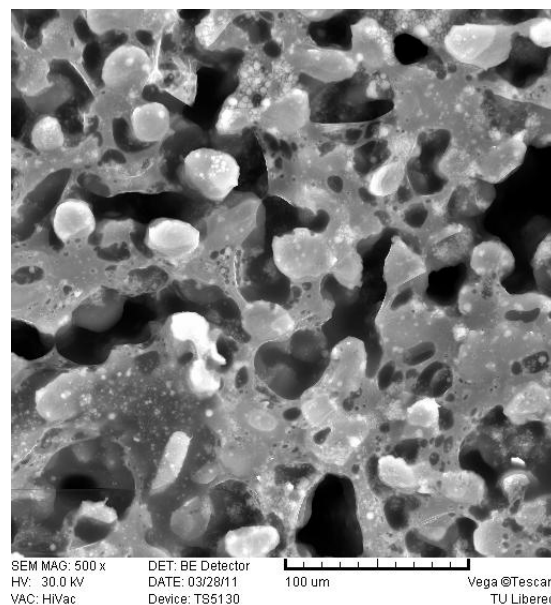


Obr. 2: Ovce tuzemská – domácí [9]

Výsledná vlna je stříhána v podobě rouna z důvodu spojených vláken pomocí potu, tuku a jiných nečistot. Vlna se musí zbavovat nečistot před dalším zpracováním pomocí praní, karbonizací pro odstranění řepíků a vytrásáním pro odstranění nečistot, které tvoří převážně prach, trus a dehet. Z 1 kilogramu rouna se získá 60% vláken, 10% potu, 10% tuku a 5% nečistot. Zbýlých 15% tvoří vlhkost. Na obrázku číslo 3 a 4 je viditelné znečištění vlny [2].



Obr. 3: Podélný pohled vláken vlny ovce domácí.



Obr. 4: Příčný řez vláken vlny Ovce domácí.

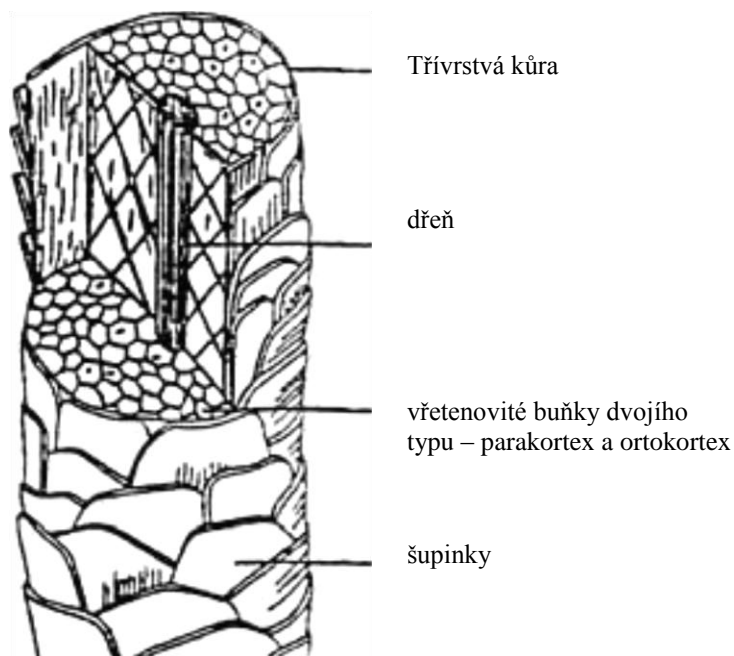
(Obrázky 3 a 4 zachycují znečištění u vlny, která byla „ostříhána“ z ovce tuzemské a neprošla procesem odstranění nečistot, potu a tuku. Obrázky byly vytvořeny na Rastrovacím elektronovém mikroskopu na Technické univerzitě Liberec 14.11.2010. Postup přípravy vzorků v experimentální části 2.1 příprava vzorků pro rastrovací elektronový mikroskop.)

V oblastech s mírným podnebným pásem jsou ovce stříhány jednou ročně. V tropických částech především v Africe dvakrát do roka. Hmotnost jednoho rouna se pohybuje od 3 kg do 6 kg. Především záleží na stáří, velikosti i pohlaví ovce. Rouno obsahuje všechny druhy jemností vláken [2].

Ultrajemné rouno	pod 17,7 mikronů
Jemné	mezi 17,7 a 22, 04 mikronů
Střední	mezi 22,04 a 30,99 mikronů
Hrubé	mezi 31,00 a 36,19 mikronů
Velmi hrubé	nad 36,19 mikronů [3]

Vlna se skládá ze dvou částí.

Parakortex a ortokortex. Tato struktura se nazývá bilaterální. Na povrchu vlákna jsou „šindelově“ skládané šupinky. Na 1 mm<sup>2</sup> je asi 900 až 3500 šupinek. [2]



Obr. 5: Vlákenná struktura vlny[12]

U ovce jsou základní čtyři plemena.

**Ovce merinové.** Tato ovce poskytuje velmi jemnou vlnu s průměrem pod 24 μm. Nejjemnější části srsti poskytují jen 8.5 μm. Nejlepší vlna je na bocích a hřbetě. Této vlně se říká refína. Na stehnech je fina. Chov ovce merino je dnes v Americe, Jižní Africe, Austrálii a na Novém Zélandu. Délka vláken se pohybuje kolem 50-76 mm [2].



Obr. 6: Ovce australské [9]



**Ovce anglické.** Celkem je asi 40 plemen. Jemnosti se pohybují v rozmezí 25-70  $\mu\text{m}$ . Dělí se do dalších 4 skupin – lesklé vlny

- pololesklé
- tmavé vlny
- horské vlny

**Ovce kříženecké.** Chov v Austrálii a na Novém Zélandu. Jemnost je v rozmezí 25-50  $\mu\text{m}$ .

**Ovce nížinné.** Chov především Čína, Tibet a Mongolsko. Tento druh poskytuje hrubou vlnu. [2]

#### 1.4.1.1.2 Angorský králík

Chov především v Evropě. Běžně se chová v domácnostech. Byl vyšlechtěn hlavně na produkci jemné srsti. Vlákna jsou sněhově bílá, ale objevují se i tmavší zbarvení. Jemnost vláken se pohybuje průměrně v rozmezí 8-15  $\mu\text{m}$ . Srst se získává vytrháváním, kartáčováním nebo se může stříhat. Dospělí angorský králík se stříhá každé 2 až 3,5 měsíce. Nutno plánovat podle ročního období. Produkce vláken z jednoho zvířete se pohybuje okolo 200-300 g a 50-100 g je velmi kvalitních. Srst se skládá z hrubší podsady, která má délku do 70 mm a jemnějších pesíků délky 20 mm [2].



Obr. 7: Králík [9]

#### **1.4.1.2 Speciální vlákna ze srstí**

##### **1.4.1.2.1 Polární liška**

Žije převážně v oblastech severní Skandinávie, Sibiři, Aljašce, Grónsku a Islandu. Liška byla nalezena i v oblastech, kde teplota klesá pod -50 stupňů Celsia a při pokusech v zajetí přežila teploty až kolem -80 stupňů Celsia. Pro přežití v extrémních teplotách má liška velmi hustou srst a tělo přizpůsobené, aby neztrácela tělesné teplo. V období zimy má liška sněhobílou srst, aby se přizpůsobila okolí. V obdobích bez sněhu se srst zbarví do šedé až hnědé [13].



Obr. 8: Polární liška [9]

##### **1.4.1.2.2 Psí srst**

Rozdělení psí srsti je dosti jednoduché. Vyskytuje se srst krátká nebo dlouhá, hladká nebo drsná a rovná, vlnitá nebo kudrnatá. Srst má tedy tři charakteristické vlastnosti: délku, tuhost a vlnitost. Srst hraje hlavní roly při určování plemen. Po zimním období začínají psi „pouštět“ převážnou část podsady. Srst je nutné vyčesávat [5].

#### **1.4.1.2.2.1 Kavkazský ovčák**

Původ plemene vychází už z jeho názvu a to z Kavkazu. Existence tohoto zvířete je prokazatelně minimálně 600 let. Jedná se o plemeno přírodní, nebylo cíleně šlechtěno. Kavkazský ovčák slouží především k obraně stád ovcí proti medvědům a vlkům. Přizpůsobí se velmi rozmanitým klimatickým změnám. Chován hlavně ve státech bývalého SSSR. Do Československa se Kavkazský ovčák dostal v roce 1980. Výška psa v kohoutku může být až 85 cm a váha i 80 kg. Má dlouhou srst s hustou podsadou. Zbarvení pískové po rusoplavou a převážně tmavou hlavou [5].



Obr. 9: Kavkazský ovčák [9]

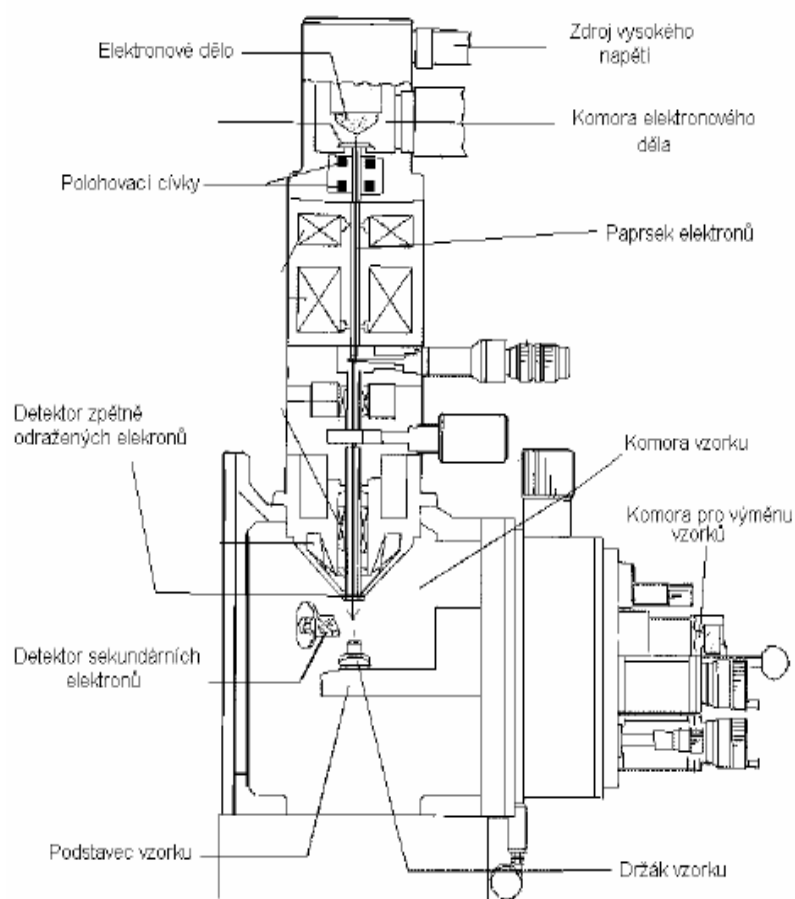
### **1.5 Rastrovací elektronový mikroskop**

Vynález rastrovacího elektronového mikroskopu je znám poměrně dlouho. Uplatnění REM je v mnoha vědeckotechnických oborech. K jeho hlavním přednostem se počítá možnost přímého pozorování objektů nepropustných pro elektrony, jednoduchá příprava preparátů, vysoká rozlišovací schopnost a rozsah zvětšení, vynikající hloubka ostrosti a plastičnost obrazu [6].

#### **1.5.1 Princip REM**

Činnost rastrovacího elektronového mikroskopu je založena na použití úzkého svazku elektronů emitovaných ze žhavené katody a urychlovaných v elektronové trysce tvořené systémem katoda - Wehneltův válec - anoda. Paprsek je dále zpracován elektromagnetickými čočkami a je rozmítán po povrchu pozorovaného objektu. Synchronně s tímto svazkem elektronů je rozmítán elektronový svazek paprsku v pozorovací obrazovce.

Interakcí elektronového svazku s povrchem pozorovaného objektu vznikají sekundární elektrony (zároveň s fotony, odraženými elektrony, aj.). Tyto po detekci a zesílení modulují jas elektronového paprsku v pozorovací obrazovce, takže na obrazovce vznikne obraz odpovídající povrchu pozorovaného vzorku [6].

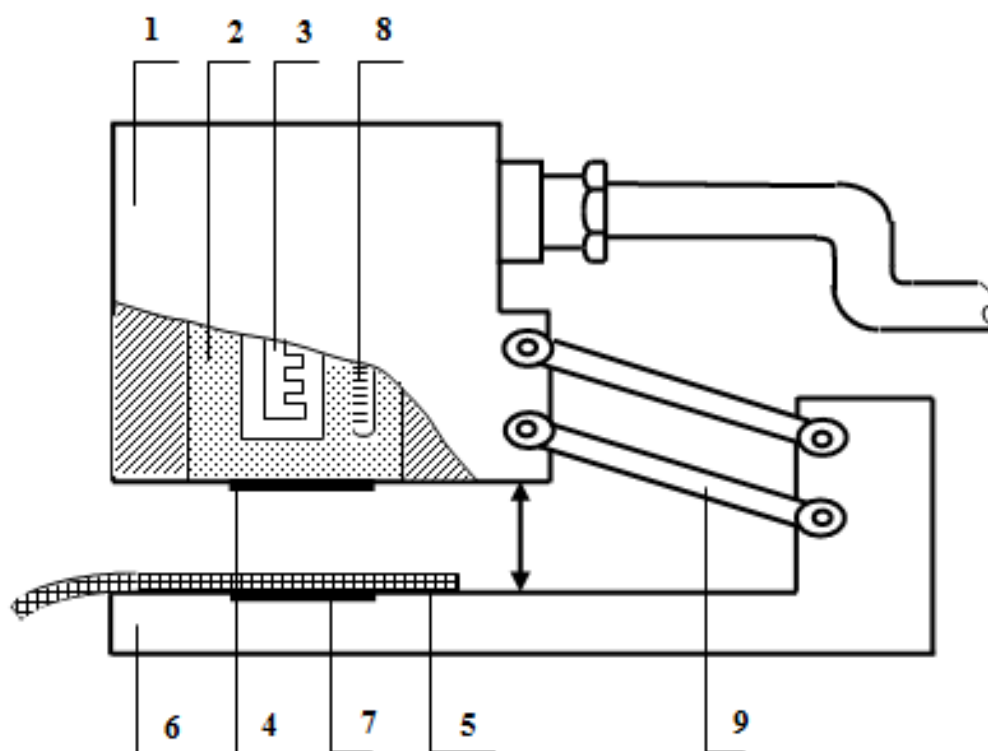


Obr. 10: Schéma rastrovacího elektronového mikroskopu [7]

## 1.6 Alambeta

### 1.6.1 Princip Alambety

Přístroj ALAMBETA je poloautomat, který má za úkol měřit termofyzikální parametry textílie a zároveň je statisticky vyhodnocuje. Princip přístroje spočívá v nasimulování reálných podmínek. Horní hlavice je zahřáta na teplotu cca 33°C (teplota lidské kůže) a spodní část přístroje, která má teplotu cca 23°C (teplota okolí) [8].



Obr. 11: Přístroj Alambeta[8].

- 1..... kryt přístroje
- 2.....tepelná izolace
- 3.....termostat
- 4.....snímač tepelného toku
- 5.....vzorek textilie
- 6.....základna přístroje
- 7.....snímač tepelného toku
- 8.....teploměr
- 9.....paralelní vedení

### 1.6.2 Termoizolační vlastnosti měřené Alambetou

**Tloušťka materiálu** – značena  $h$  [mm] je snímána fotoelektrickým senzorem během měřicího procesu.

**Tepelný tok** – značený  $q$  [ $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ ] je množství tepla, které se šíří z hlavy přístroje o teplotě  $t_2$  do textilie o teplotě  $t_1$  za jednotku času [8].

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} \quad (3)$$

$q$  – tepelný tok

$b$  – tepelná jímavost

$t_2$  – teplota hlavy přístroje

$t_1$  – teplota měřeného vzorku

$\tau$  – doba ohřevu

**Měrná tepelná vodivost** – značen  $\lambda$  [ $\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ] je množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. Vodivost klesá s rostoucí teplotou. Výsledná hodnota se dělí  $10^3$  [8].

$\lambda$  – hodnotu udává přístroj Alambeta

**Měrná tepelná kapacita** – značena  $c$  představuje množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg látky o 1 K. S rostoucí teplotou u všech látek měrná tepelná kapacita zvolna roste [8].

$$c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (4)$$

$c$  – měrná tepelná kapacita

$\Delta Q$  – celkové množství tepla

$\Delta t$  – celkový čas

**Plošný odpor vedení tepla** – je značen  $r$  [ $\text{K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$ ] a vyjadřuje poměr tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Výsledná hodnota se dělí  $10^3$  [8].

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (5)$$

$r$  – plošný odpor vedení tepla

$h$  – tloušťka materiálu

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost

**Poměr maximálního a ustáleného tepelného toku** – je značena  $p$  [8].

**Měrná teplotní vodivost** – je značena  $a \text{ [m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$  a je to schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím vyšší je hodnota, tím rychleji látka vyrovnává teplotu (při nestacionárním procesu). Výsledná hodnota se dělí  $10^6$  [8].

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (6)$$

$a$  – měrná teplotní vodivost

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost

$c$  – měrná tepelná kapacita

$\rho$  – hustota

**Tepelná jímavost** – je značena  $b \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$  a charakterizuje tepelný omak textilie. Je rovna množství tepla, které proteče jednotkou plochy za jednotku času při rozdílu teplot 1 K [8].

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c} \quad (7)$$

$b$  – tepelná jímavost

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost

$\rho$  – hustota

$c$  – měrná tepelná kapacita

## 1.7 Vibroskop 400

Vibroskop 400 je přístroj na měření jemnosti vláken. Přístroj pracuje na principu vynucených kmitů vláken. Podle frekvence kmitání vlákna a přepětí je automaticky stanovena jemnost vlákna v jednotkách dtex [10].

Automatické měření zajišťuje jednodušší manipulaci, minimální vliv obsluhy na měření a tím lepší přesnost a opakovatelnost [11].



Obr. 12: Přístroj Vibroskop 400 (vlevo na obrázku) [10].

## **2 Experimentální část**

V experimentální části bude popsáno získání a původ živočišných vláken. Pro zjištění jemnosti zkoumaných vláken bude použit přístroj Vibroskop 400. Dále příprava vláken pro snímání na Rastrovacím elektronovém mikroskopu a zhodnocení získaných výsledků. Pro třetí přístroj Alambeta bude popsána příprava vlákenné vrstvy a následné měření. Získané hodnoty budou uspořádány do grafů a vyhodnoceny.

### **2.1 Použité přístroje**

REM – Rastrovací elektronový mikroskop a k němu připojený stolní počítač. Poskytnutý Technickou univerzitou Liberec, Katedra textilních materiálů.

Poloautomatický přístroj Alambeta. Poskytnutý Technickou univerzitou Liberec, Katedra hodnocení textilií.

Přístroj Vibroskop 400. Poskytnutý Technickou univerzitou Liberec, Katedra textilních materiálů.

Program Lucia version 5.0. Poskytnutý Technickou univerzitou Liberec, Katedra textilních materiálů

Domácí počítač pro uspořádání získaných hodnot a obrázků

### **2.2 Parametry zkoumaných vláken**

Zkoumané vzorky pro BP pocházejí ze srstí zvířat žijících na území České Republiky, kromě vzorků polární lišky, které pocházejí z oblasti Sibíře a vlny ovce australské - Merino, která je z Austrálie. Jedná se o 100 % živočišné vlákna.

Psí a králíčí vlákna byla získána vyčesáváním pomocí česacího hřebenu přímo ze srsti živého zvířete. Vlna ovce domácí byla ostříhána ze zvířete, vyprána v lázni, z usušeného „chuchvalce“ se musely odstranit pinzetou zbývající nečistoty (části suché trávy a pilin) a rozčesána česacím hřebem. Vlna ovce merino byla poskytnuta katedrou textilních materiálů Technické univerzity Liberec a byla rozčesána česacím hřebem. Polární liška byla vyčesána ze srsti mrtvého zvířete.

### **2.3 Vibroskop 400**

Na přístroji Vibroskop 400 budou zjištěny jemnosti měřených vláken vlny ovce tuzemské, vlny ovce australské – Merino, králíčí, polární lišky a kavkazského ovčáka.



### 2.3.1 Podmínky měření

Teplota vzduchu: 24 °C

Vlhkost vzduchu: 39%

### 2.3.2 Měření na přístroji Vibroskop 400

Z měřené srsti se musí odebrat část vláken. Postupně se vlákna rozprostřou na pevnou podložku přizpůsobenou pro jejich dobré zachycení. Pinzetou se vezme vlákno za jeden konec z podložky a na druhý se připevní závaží pro jeho napnutí. Aby se vlákno dalo vložit do upínací čelisti je zapotřebí dlouze podržet spouštěcí tlačítko. Po upnutí vlákna do čelistí a mezi měřicí senzory se musí udělat kontrolní změření. Krátce se zmáčkne spouštěcí tlačítko a podle zjištěného výsledku se v tabulkách, které jsou u přístroje, zjistí, zda jsme v měřicím rozsahu. Pokud ano, tak pokračujeme v dalším měření. Pokud ne, musí se vyměnit připnuté závaží za vhodnější. Váha závaží se musí nastavovat shodně i s přístrojem tlačítky + a -. Od každé srsti je měřeno 50 vláken. Měří se jak vlákna podsady, tak i pesíky. Celkem je měřeno 250 vláken. Měří se po jednom vlákně [14].

	jemnost (dtex)		
	podsada	pesíky	průměr
králík	2,27	8,98	5,63
kavkazský ovčák	9,24	41,71	25,48
vlna merino	5,31	8	6,66
polární liška	3,29	19,19	11,24
vlna tuzemská	9,49	17,96	13,73

Tab. 1: Jemnost živočišných vláken

	směrodatná odchylka s		variační koeficient (%)		interval spolehlivosti pro 95%	
	podsada	pesíky	podsada	pesíky	podsada	pesíky
králík	0,69	1,83	30,22	20,38	2,27±0,28	8,98±0,75
kavkazský ovčák	2,22	6,55	24,04	15,7	9,24±0,92	41,71±2,7
vlna merino	0,84	1,16	15,74	14,55	5,31±0,34	8±0,48
polární liška	1,15	5,1	34,89	26,55	3,29±0,47	19,19±2,1
vlna tuzemská	2,17	2,97	22,86	16,52	9,49±0,89	17,96±1,22

Tab. 2: Statistické výpočty pro jemnost živočišných vláken

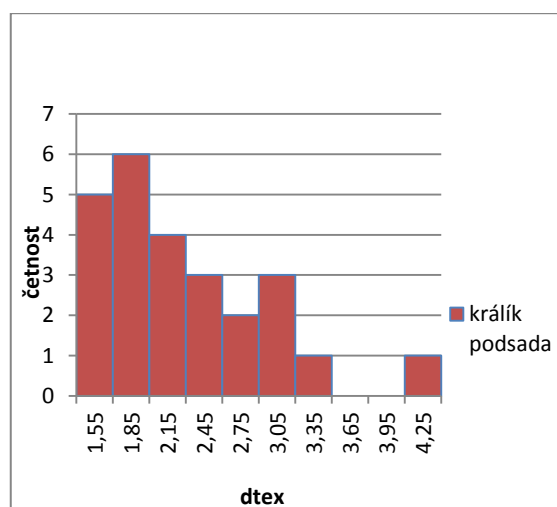
Při měření na Vibroskopu 400 se měřila také délka vláken. Přístroj potřebuje pro správné měření délku aspoň 35 mm. Když se k vláknu upevnilo závaží, pomocí pinzety se natáhlo na připravené pravítko. Počet měřených vláken je 100 od každé srsti. Celkem bylo měřeno 500 vláken.

	délka (mm)		
	pod sada	pesíky	průměr
králík	30,16	37,32	33,74
kavkazský ovčák	74,72	110,24	92,48
vlna merino	99,4	155,84	127,62
polární liška	29,32	69,92	49,62
vlna tuzemská	141,74	172,6	157,17

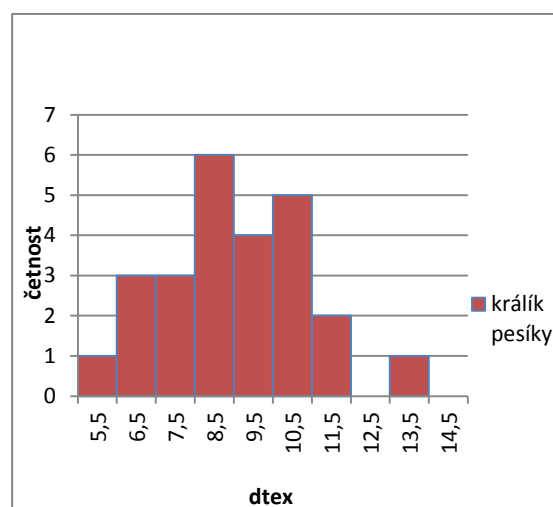
Tab. 3: Délka živočišných vláken

	směrodatná odchylka s		variační koeficient (%)		interval spolehlivosti pro 95%	
	pod sada	pesíky	pod sada	pesíky	pod sada	pesíky
králík	6,56	2,71	21,75	7,26	30,16±1,86	37,32±0,77
kavkazský ovčák	6,22	6,71	8,32	6,09	74,72±1,77	110,24±1,91
vlna merino	20,4	15	20,52	9,62	99,4±5,8	155,84±4,26
polární liška	4,06	4,28	13,85	6,12	29,32±1,15	69,92±1,22
vlna tuzemská	11	10,35	7,76	6	141,74±3,13	172,6±2,94

Tab. 4: Statistické výpočty pro délku živočišných vláken



Obr. 13: Jemnost vláken králíčí podsady



Obr. 14: Jemnost vláken králíčních pesíků

(další ukázky histogramů ostatních měřených vláken v příloze)

## **2.4 Rastrovací elektronový mikroskop**

Na rastrovacím elektronovém mikroskopu budou snímána vlákna vlny ovce tuzemské, vlny ovce australské – Merino, králíčí, polární lišky a kavkazského ovčáka pro obrazovou analýzu jejich vzhledu.

### **2.4.1 Příprava vzorků**

#### **Pro podélný pohled**

Ze zkoumaných srstí se odejmula malá část vláken (asi 30). Na připravenou podložku se připevnila oboustranná lepicí páska. Odejmutá část vláken se připevnila na podložku a rovnoměrně rozprostřely. Připravený vzorek se umístil do rastrovacího elektronového mikroskopu a poté nasímal podélný pohled. Celkem se připravilo 6 vzorků.

#### **Pro příčný řez**

Z každého měřeného vzorku se odejmula malá část vláken. Vláknem byla protažena „bužírka“ pomocí nitě, aby došlo k uspořádání v jednom směru a patřičné stažení pro vytěsnění vzduchových mezer. Z připravených vzorků se žiletkou odřízla bužírka o velikosti asi 4 mm. Od každého vzorku 4 kusy. Po každých 4 řezech musela být vyměněna žiletka za novou, protože docházelo k rychlému otupění řezné plochy a vlákna by nebyla uříznuta čistým řezem, ale došlo by k potrhání vlákenné struktury. Celkem bylo připraveno 24 vzorků. Takto připravené bužírky se připevnily na kovový váleček pomocí oboustranné lepicí pásky. Na vzorky byla nanášena souměrná vrstva iontového poprašku zlata. Vrstva se pohybuje kolem 10 nm.

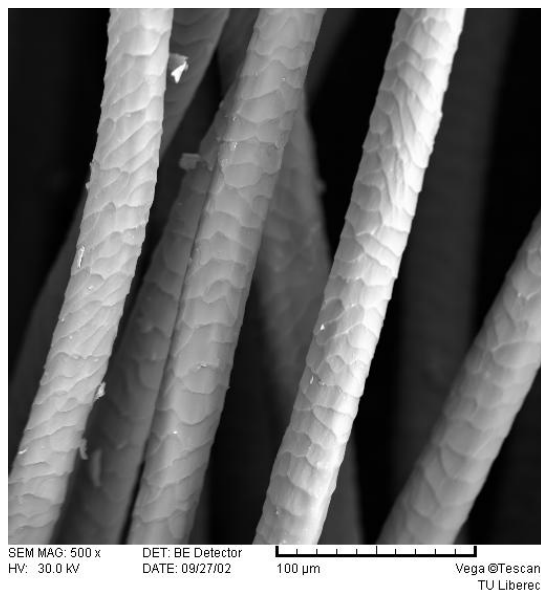
### **2.4.2 Podmínky měření**

Teplota vzduchu: 27 °C

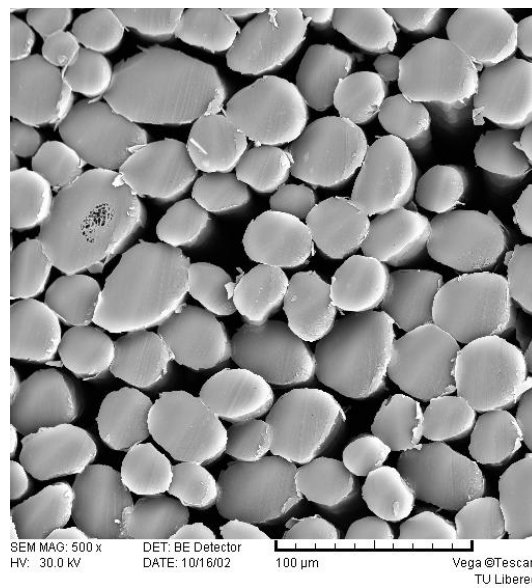
Vlhkost vzduchu: 38%

### **2.4.3 Snímání na rastrovacím elektronovém mikroskopu**

Připravené vzorky pro snímání jsou umístěny do rastrovacího elektronového mikroskopu. Získaný obraz, který je několikanásobně zvětšený, se přenáší do připojeného počítače.

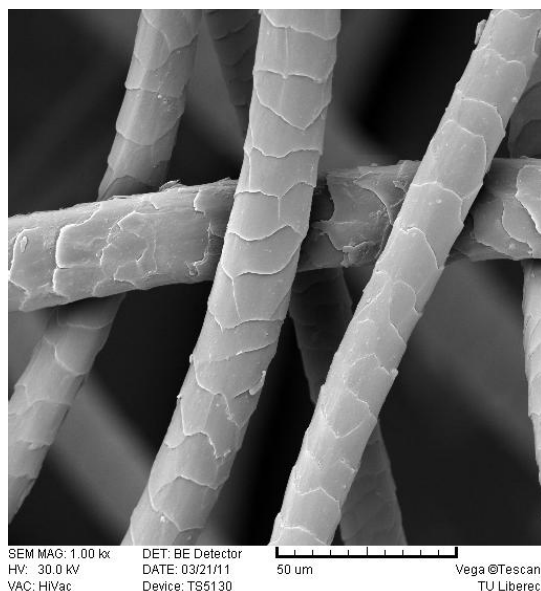


Obr. 33: Podélný pohled vláken vlny ovce tuzemské.

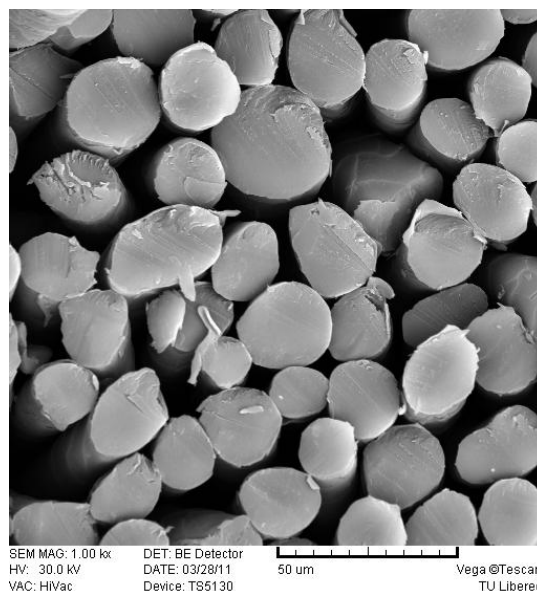


Obr. 34: Příčný řez vláken vlny ovce tuzemské.

Vlákná ovce tuzemské na obr. 33 a 34 mají po svém povrchu šupinky, které jsou 2 až 3 na obvod. Na jedněch vláknech se šupinky skládají kolmo k vláknu a na druhých jsou uspořádány do spirály. Vlákná nejsou dutá a neobsahují vzduchové dutinky. Tvar menších vláken je podobný kruhu a větší vlákna mají tvar více eliptický.



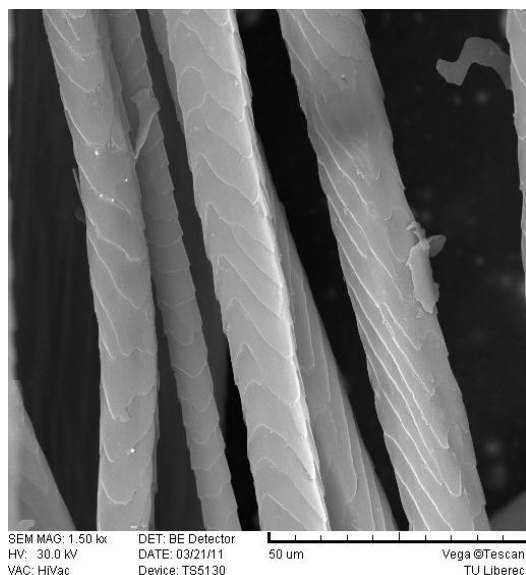
Obr. 35: Podélný pohled vláken vlny ovce australské - Merino.



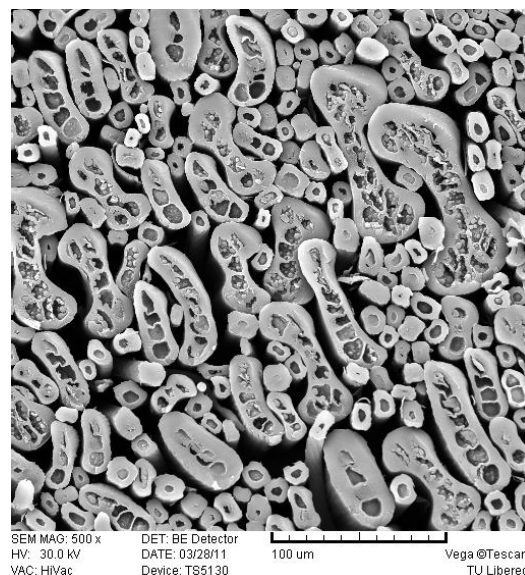
Obr. 36: Příčný řez vláken vlny ovce australské - Merino.

Vlákná ovce australské merino na obr. 35 a 36 mají šupinky pravidelněji uspořádané, než jsou vlákna ovce domácí. Šupinky vystupují kolmo k vláknu. Tvar

vláken u menších je více kruhový než u vlny domácí. Větší vlákna mají tvar kruhový a občas elipsový. Rozdíl velikosti vláken u vlny merinové není tak velký. Vlákna nejsou dutá a neobsahují žádné vzduchové kapsy.

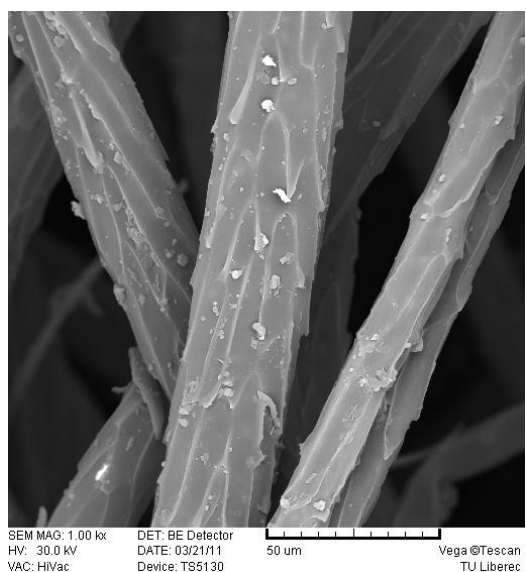
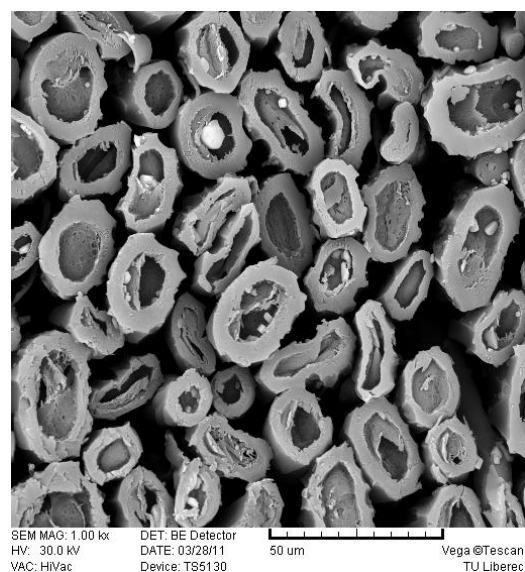


Obr. 37: Podélný pohled vláken králíka

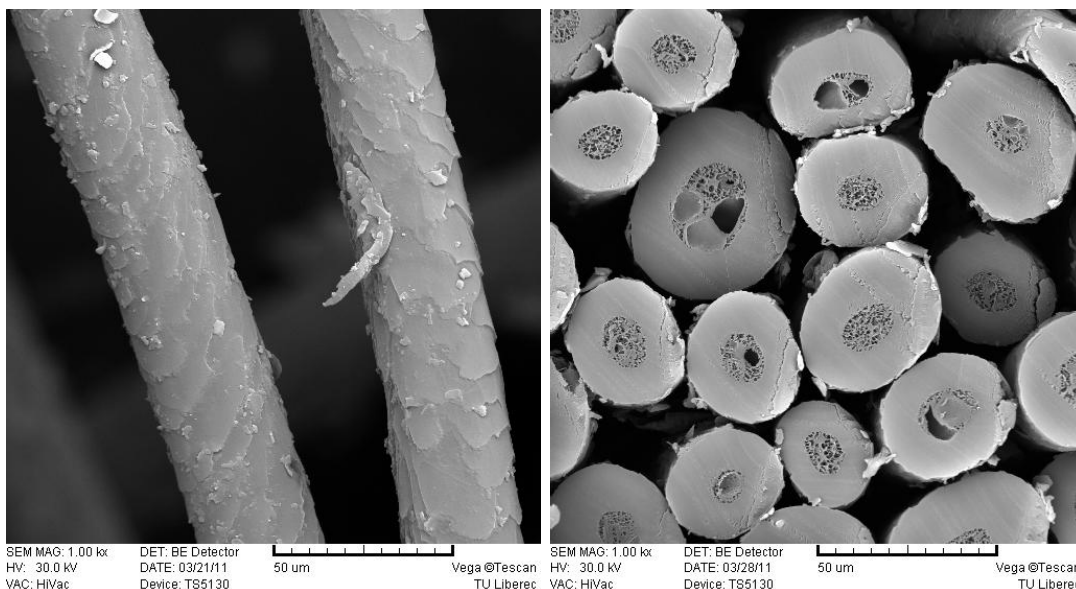


Obr. 38: Příčný řez vláken králíka

Vlákna králíka na obr. 37 a 38 nemají šupinky uspořádané kolmo k vláknu, ale asi pod úhlem 45 stupňů. Jejich tvar je hodně do špičky. Rozdíl velikosti vláken je veliký. Větší vlákna mají tvar ledvinkovitý a jsou dutá. V jednom vláknu je průměrně asi 6 až 8 dutinek oddělených úzkou přepážkou. Čím je vlákno větší, tím jsou dutinky také větší a stěny vláken slábnou. U menších vláken je tvar více hranatý a mají převážně jednu dutinku s malým otvorem a silnější stěnou vlákna.

Obr. 39: Podélný pohled vláken  
polární lišky.Obr. 40: Příčný řez vláken  
polární lišky.

Vlákna polární lišky na obr. 39 a 40 mají šupinky s velmi ostrými hroty po celém obvodu vlákna. Šupinky více vystupují na povrchu vláken než u ovce domácí. Část vláken větších i menších má tvar eliptický. Druhá část vláken má tvar ledvinkovitý. Všechna vlákna obsahují jednu dutinku, která je přerušována přepážkami.



Obr. 41: Podélný pohled vláken  
kavkazský ovčák

Obr. 42: Příčný řez vláken  
kavkazský ovčák

Vlákna kavkazského ovčáka na obr. 41 a 42 mají šupinky uspořádána více pod úhlem 45 stupňů a podobají se vláknům králíka. Rozdíl velikostí vláken není moc veliký. Vlákna nejsou úplně dutá, ale obsahují póry větší a menší, která se táhnou středem vlákna

## **2.5 Alambeta**

### **2.5.1 Příprava vzorků**

Shromážděné vzorky bylo nutné upravit do stejnoměrné vrstvy a velikosti vhodné pro měřicí přístroj. Všechny vzorky byly česány ručně stejným česacím hřebenem, který vlákna ojednotil a paralelně uspořádal. Pro dosažení stejné tloušťky vláken u všech měřených vzorků byla použita vymezovací podložka o tloušťce 2,25 mm.

### **2.5.2 Podmínky měření**

Teplota vzduchu: 23 °C

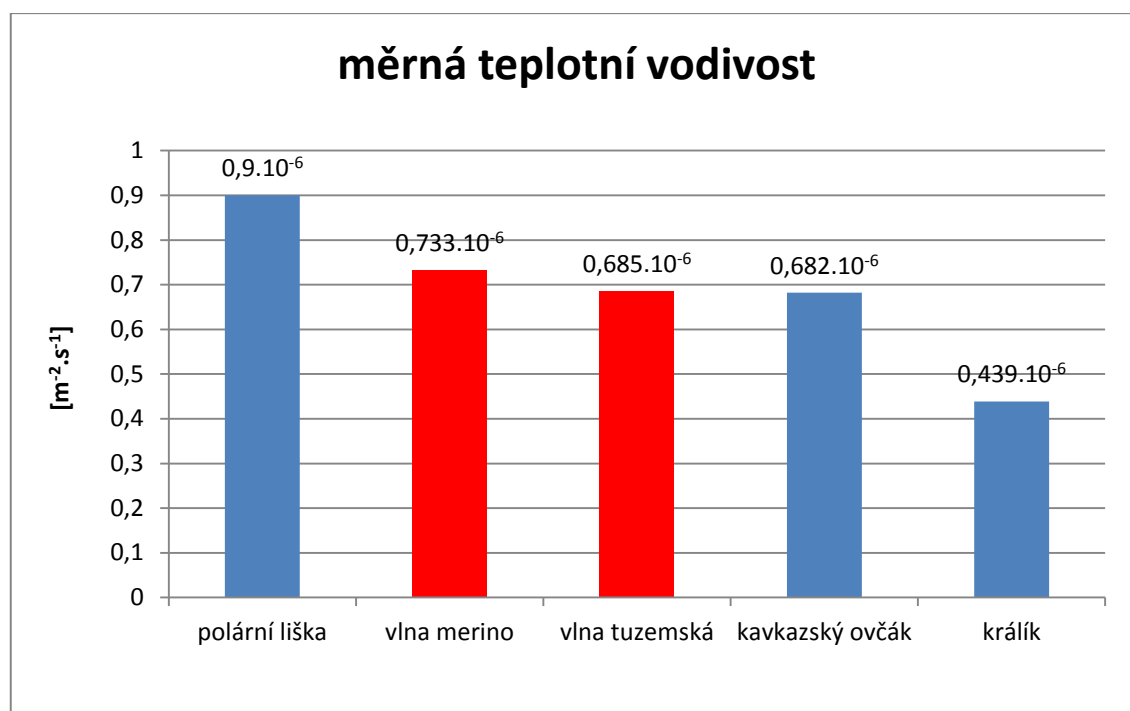
Vlhkost vzduchu: 40%

Přítlak měřicí hlavičky: 200 Pa

### **2.5.3 Měření na přístroji Alambeta**

Po zapnutí přístroje je nutné počkat, než se měřicí hlava zahřeje na potřebnou teplotu 33°C. Když je přístroj připraven k měření, vzorek se umístí mezi horní a dolní snímače. Zakrývá-li vzorek celou plochu snímače, zmáčkne se tlačítko ST, kterým je zpuštěno měření. Měřicí hlava je zpuštěna směrem dolu na vzorek. Dochází k měření po dobu asi 10 sekund. Po skončení měření se měřicí hlava zvedne do původní polohy. Na displeji se zobrazily naměřené hodnoty. Stisknutím tlačítka EN se hodnoty uloží do statistiky. Vzorek se posune na jinou část, která má opět teplotu okolí a měření se opakuje. Po skončení měření prvního vzorku se získané hodnoty opiší z displeje přístroje a poté zmáčknou tlačítka v pořadí EN a ST. Dojde k vymazání paměti. Přístroj je připraven na další vzorek [15].

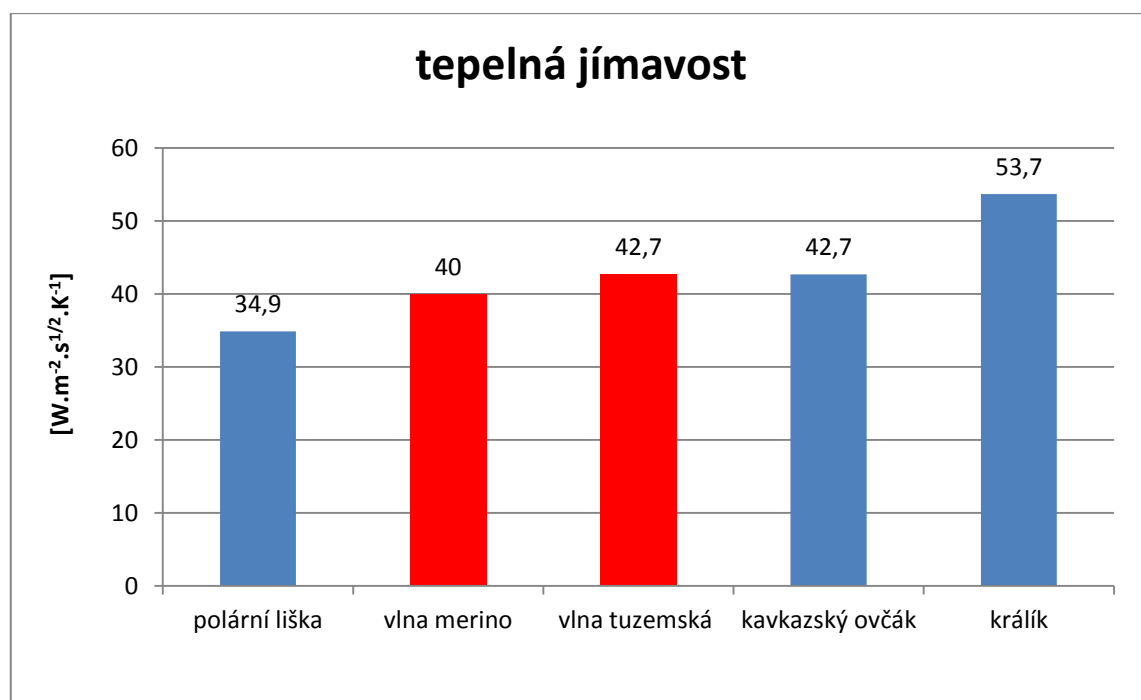
Při měření na Alambetě je nutné hodnoty měrné teplotní vodivosti dělit  $10^6$ , plošný odpor vedení tepla  $10^3$  a měrnou tepelnou vodivost  $10^3$ .



Obr. 43: Graf měrné teplotní vodivosti. Výsledné hodnoty se násobí  $10^{-6}$

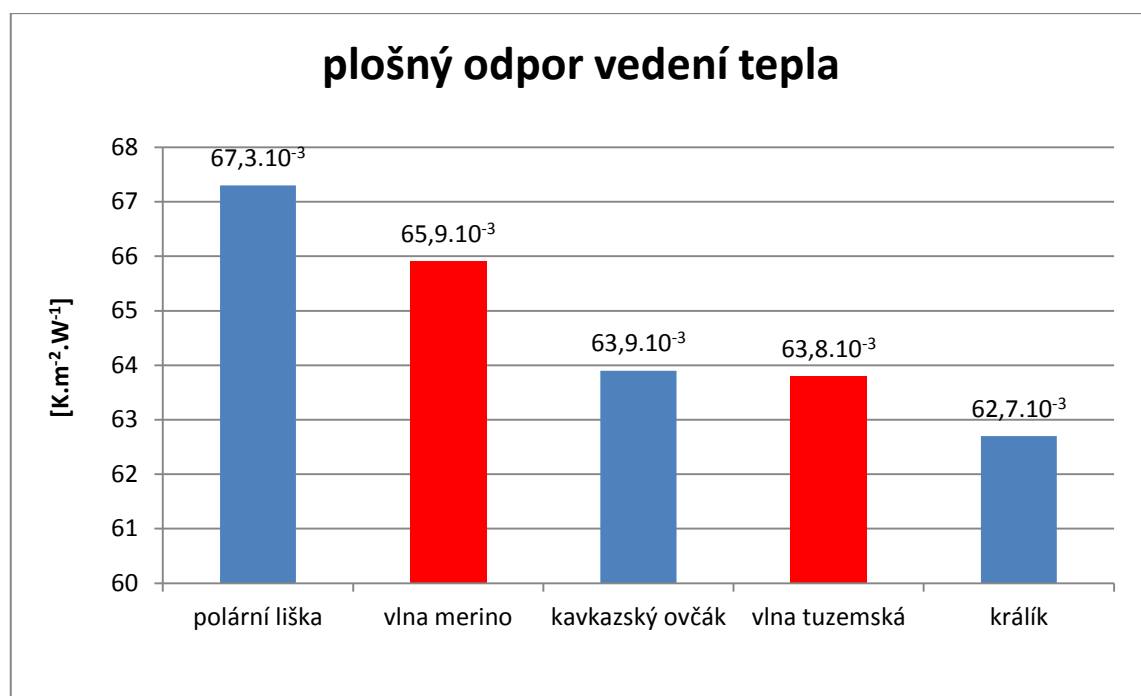
Na obr. 43 je měrná tepelná vodivost měřených vzorků seřazena od nejvyšší hodnoty po nejnižší. Čím je hodnota teplotní vodivosti vyšší, tím látka rychleji vyrovnává teplotu. Schopnost látky vyrovnat teplotní změny [8]. Z naměřených hodnot vyplývá, že nejhorší materiál je srst králíka s hodnotou  $0,439 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jako druhý materiál vyšel kavkazský ovčák s hodnotou  $0,682 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a hned s hodnotou  $0,685 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  vlna tuzemská z čehož vyplývá, že tyto dvě srsti jsou velmi podobné. Další materiál je vlna merino, která proti druhému a třetímu má vyšší hodnotu na  $0,733 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jako nejlepší materiál vychází polární liška, která s hodnotou  $0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  je dvojnásobná oproti králíčí srsti.





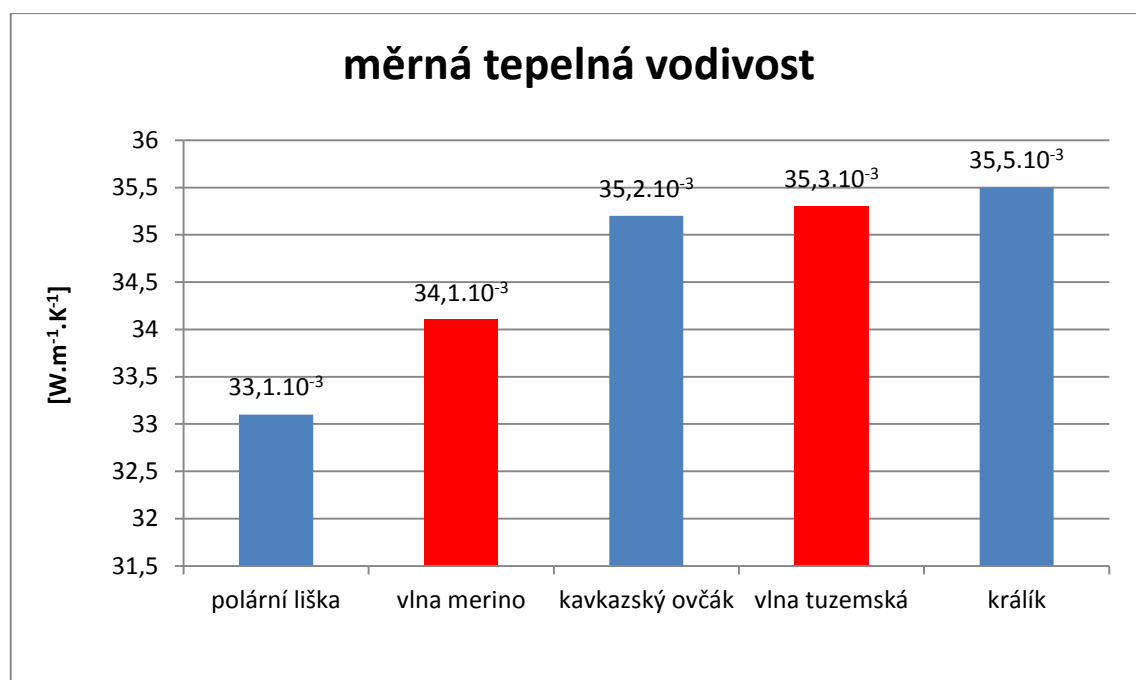
Obr. 44:Graf tepelné jímavosti

Na obr. 44 je tepelná jímavost seřazena podle naměřených hodnot od nejnižší hodnoty po nejvyšší. *Jako chladnější materiál pociťujeme ten, který má větší tepelnou jímavost* [8]. Z naměřených hodnot vyplývá, že nejlepší materiál vychází s hodnotou  $34,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{s}^{1/2}.\text{K}^{-1}$  je polární liška. Na druhém místě je s hodnotou  $40 \text{ W.m}^{-2}.\text{s}^{1/2}.\text{K}^{-1}$  vlna merino. Další jsou s hodnotou  $42,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{s}^{1/2}.\text{K}^{-1}$  shodně vlna tuzemská a kavkazský ovčák. Poslední měřený materiál králičí srst má hodnotu  $53,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{s}^{1/2}.\text{K}^{-1}$ .



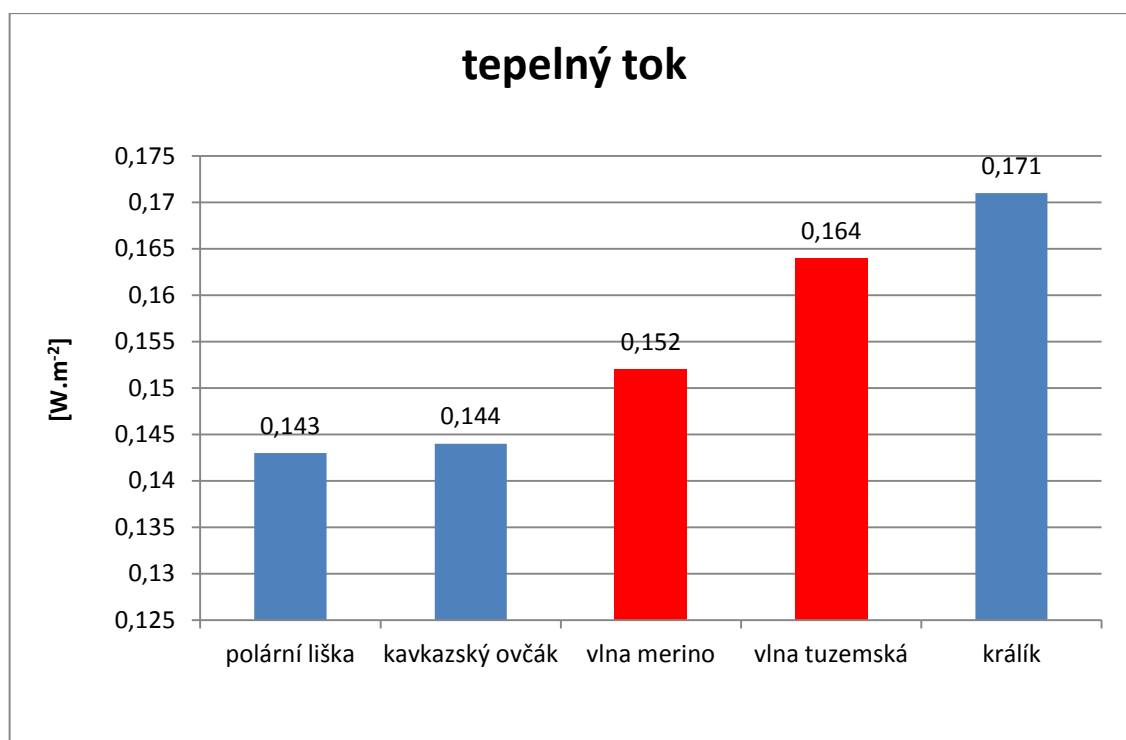
Obr. 45: Graf plošného odporu vedení tepla. Výsledné hodnoty se násobí  $10^{-3}$

Na obr. 45 je plošný odpor vedení tepla seřazen podle naměřených hodnot od nejvyšší hodnoty po nejnižší. *Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor* [8]. Nejnižší naměřená hodnota je u srsti králíka s hodnotou  $62,7 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$ . Na druhém místě je s hodnotou  $63,8 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$  vlna tuzemská a na třetím o  $0,1 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$  vyšší hodnotou kavkazský ovčák, který má  $63,9 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$ . Vlna merino s hodnotou  $65,9 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$  má jako druhá nejvyšší plošný odpor vedení tepla. Nejvyšší naměřenou hodnotu a tudíž nejlepší srst z hlediska plošného odporu vedení tepla má polární liška, která má hodnotu  $67,3 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$ .



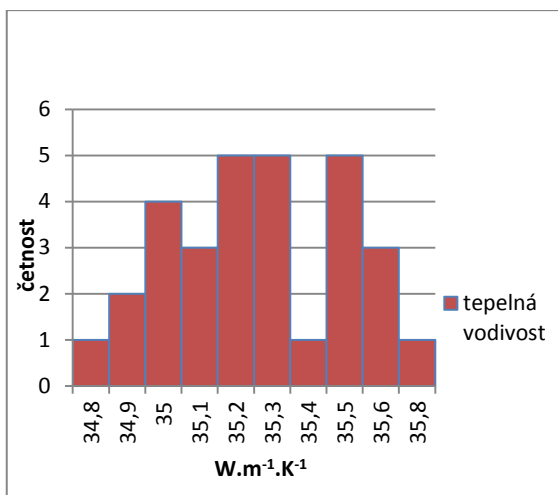
Obr. 46: Graf měrné tepelné vodivosti. Výsledné hodnoty se násobí  $10^{-3}$

Na obr. 46 je tepelná vodivost seřazena podle naměřených hodnot od nejnižší po nejvyšší. *S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá* [8]. Nejnižší a také nejlepší naměřené hodnoty vykazuje srst polární lišky, která má hodnotu  $33,1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Jako další je vlna merino s hodnotou  $34,1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Na třetím místě je kavkazský ovčák s hodnotou  $35,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a pouze o  $0,1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  je další vlna tuzemská. Poslední vychází tepelná vodivost u králíka, který má hodnotu  $35,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Poslední tři materiály dělí jen  $0,3 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , z čehož vyplývá, že materiály si jsou velmi podobné.



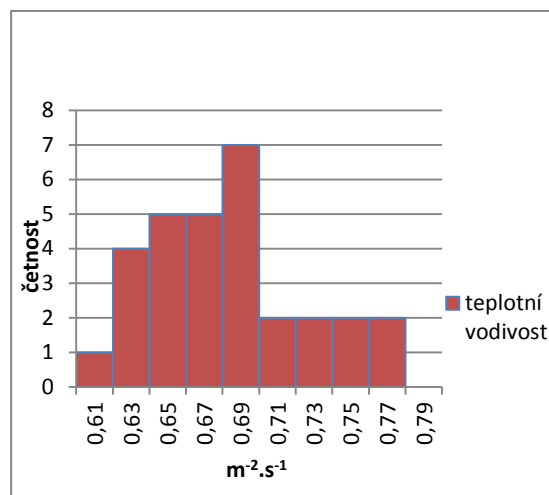
Obr. 47:Graf tepelného toku

Na obr. 47 je tepelný tok seřazený podle naměřených hodnot od nejnižší po nejvyšší. Čím je hodnota tepelného toku vyšší, tím rychleji šíří teplo [8]. Nejnižší hodnotu tepelného toku a nejlepší má polární liška s hodnotou  $0,143 \text{ W.m}^{-2}$ . Pouze o  $0,001 \text{ W.m}^{-2}$  je další materiál a to srst kavkazského ovčáka. Z toho vyplývá, že tyto dvě srsti jsou ohledně tepelného toku velmi podobné. Jako další je vlna merino, která má hodnotu  $0,152 \text{ W.m}^{-2}$ . S hodnotou  $0,164 \text{ W.m}^{-2}$  je na čtvrtém místě vlna tuzemská. Nejvyšší tepelný tok se naměřil u materiálu srsti králíka s hodnotou  $0,171 \text{ W.m}^{-2}$ .



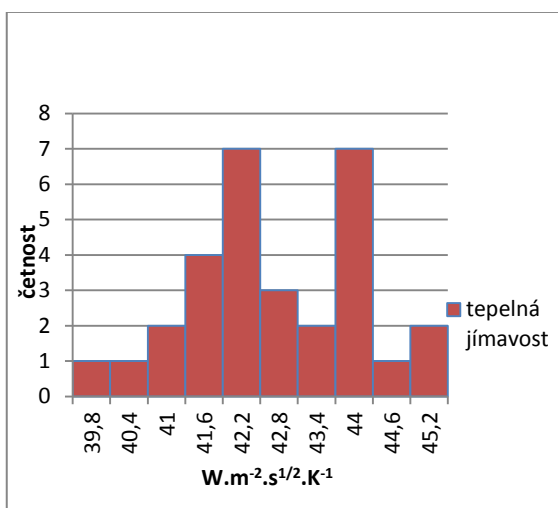
Obr. 48:Histogram tepelné vodivosti u

Kavkazského ovčáka ( hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



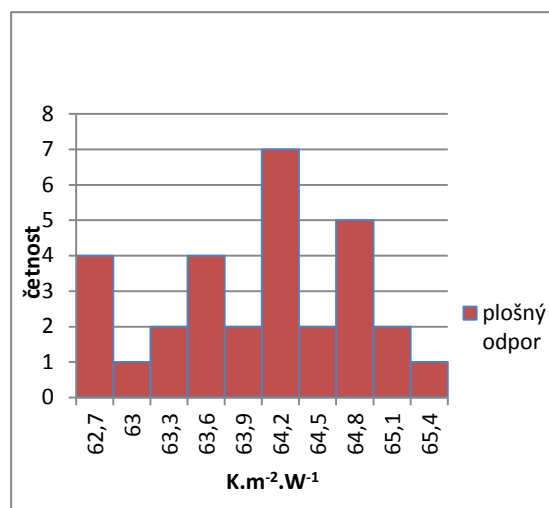
Obr. 49:Histogram teplotní vodivosti u

Kavkazského ovčáka (hodnoty se násobí  $10^{-6}$ )



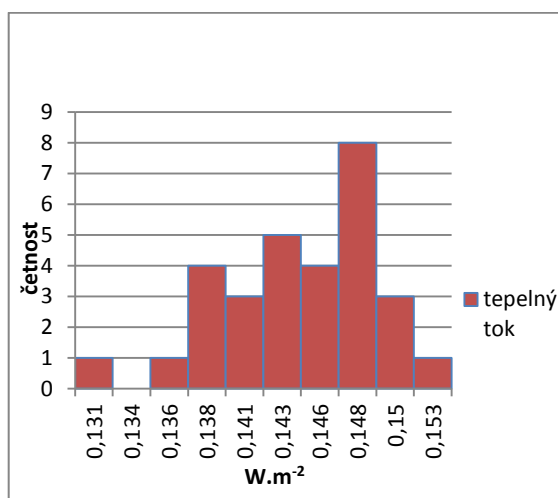
Obr. 50:Histogram tepelné jímavosti u

Kavkazského ovčáka

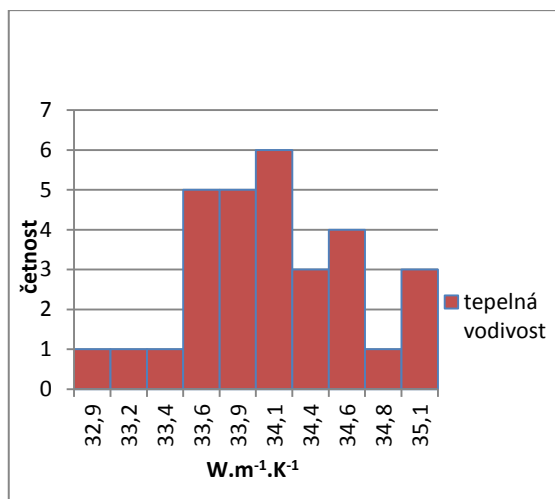


Obr. 51:Histogram plošného odporu vedení tepla u

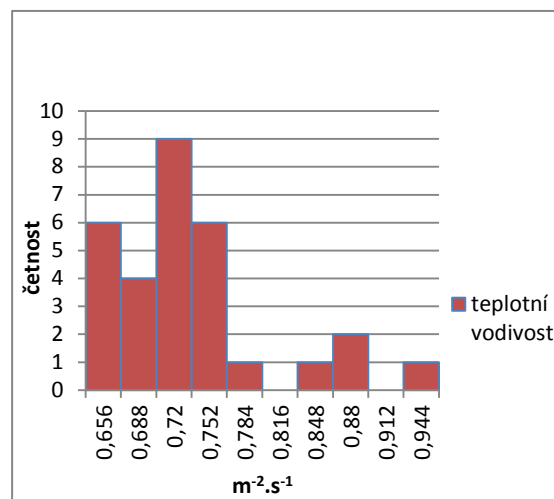
Kavkazského ovčáka (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



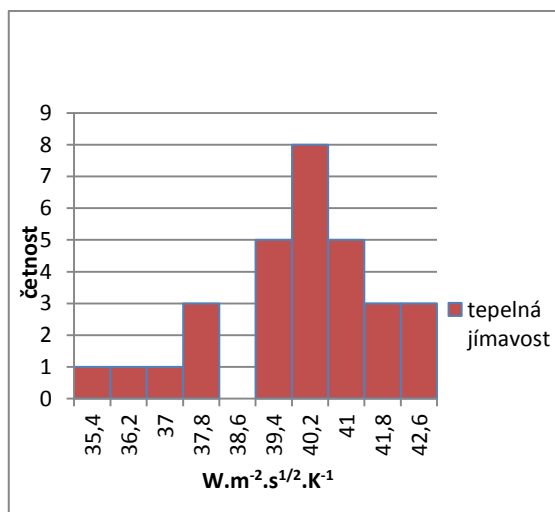
Obr. 52:Histogram tepelného toku u Kavkazského ovčáka



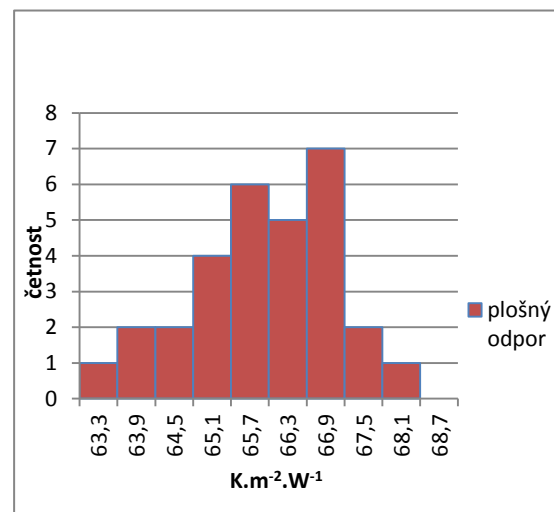
Obr. 53: Histogram tepelné vodivosti u vlny merino (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



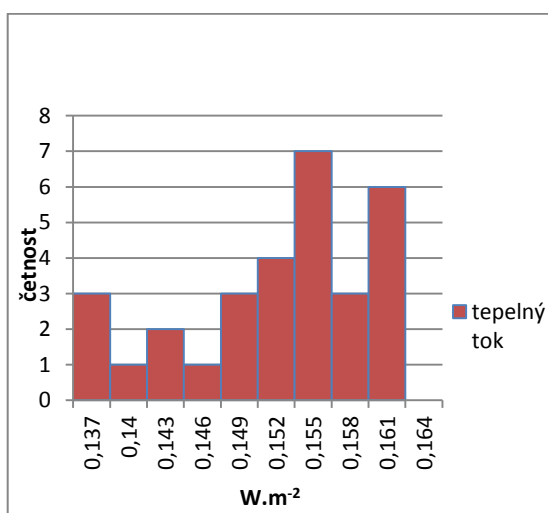
Obr. 54: Histogram teplotní vodivosti u vlny merino (hodnoty se násobí  $10^{-6}$ )



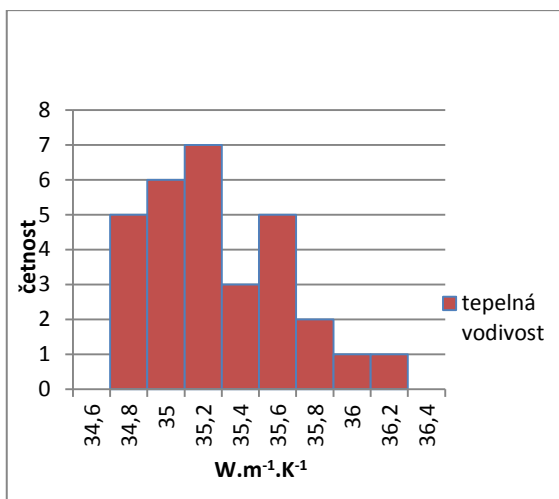
Obr. 55: Histogram tepelné jímavosti u vlny merino



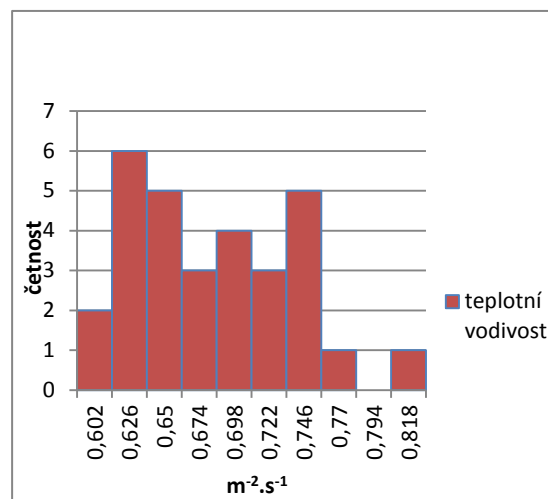
Obr. 56: Histogram plošného odporu vedení tepla u vlny merino (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



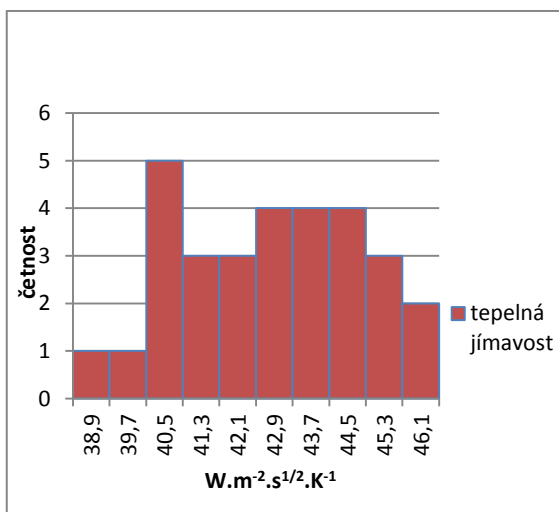
Obr. 57: Histogram tepelného toku u vlny merino



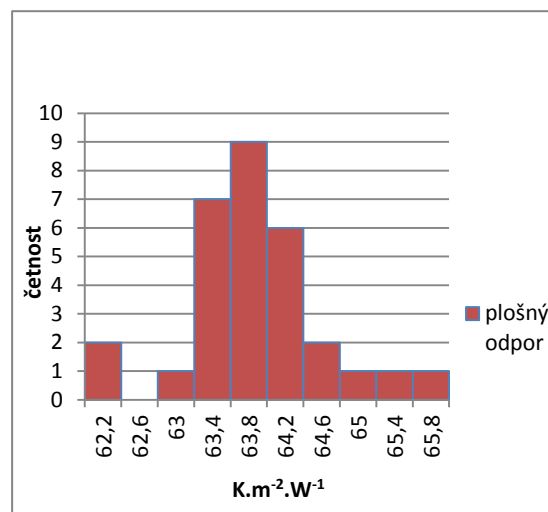
Obr. 58:Histogram tepelné vodivosti u vlny tuzemské (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



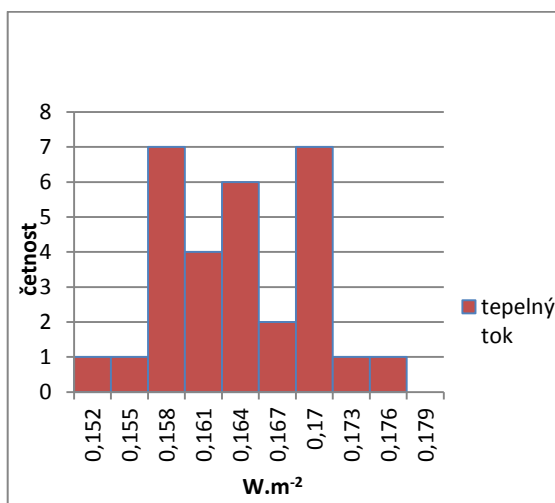
Obr. 59:Histogram teplotní vodivosti u vlny tuzemské (hodnoty se násobí  $10^{-6}$ )



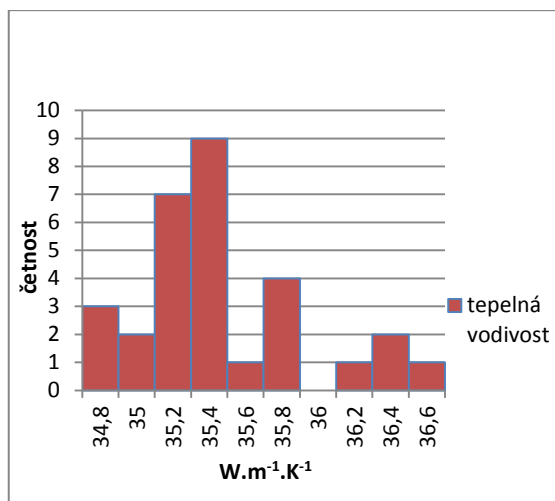
Obr. 60:Histogram tepelné jímavosti u vlny tuzemské



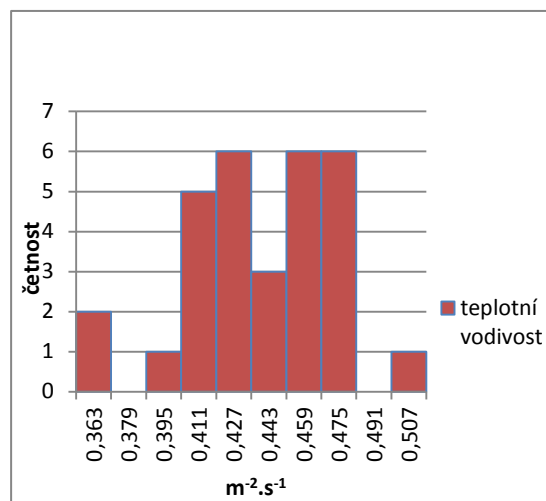
Obr. 61:Histogram plošného odporu vedení tepla u vlny tuzemské (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



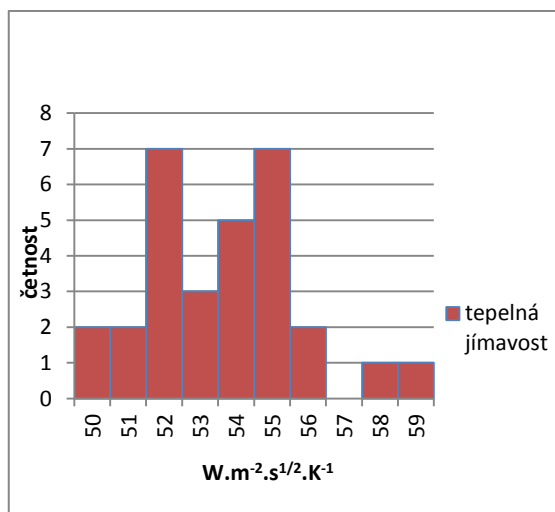
Obr. 62:Histogram tepelného toku u vlny tuzemské



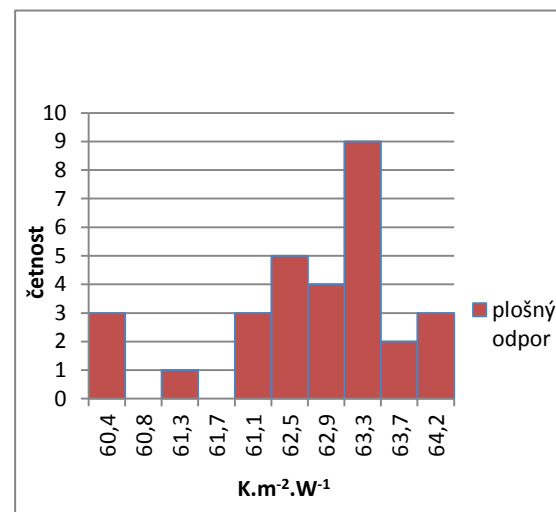
Obr. 63: Histogram tepelné vodivosti u králíka  
(hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



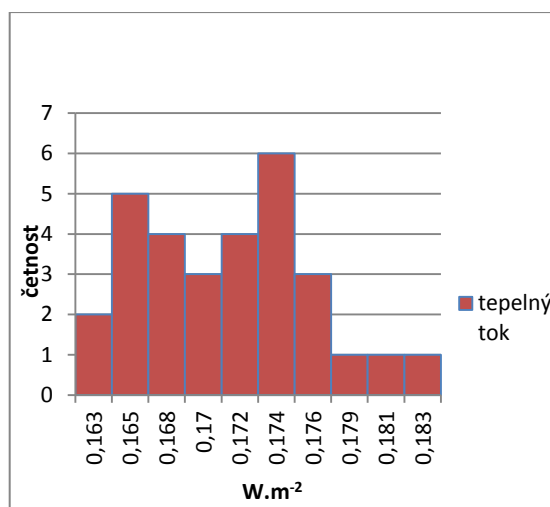
Obr. 64: Histogram teplotní vodivosti u králíka  
(hodnoty se násobí  $10^{-6}$ )



Obr. 65: Histogram tepelná jímavost u králíka

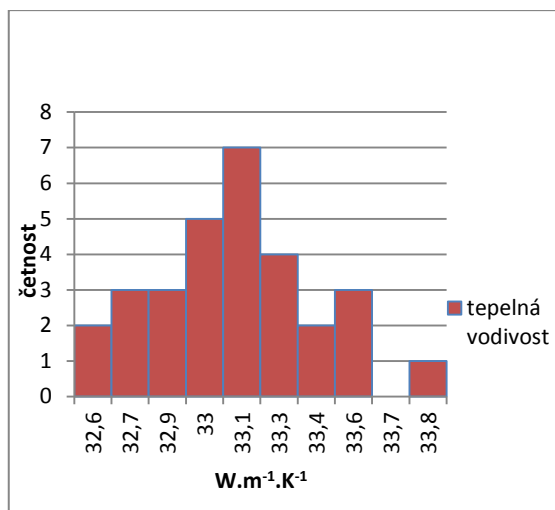


Obr. 66: Histogram plošného odporu vedení  
tepla u králíka (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )

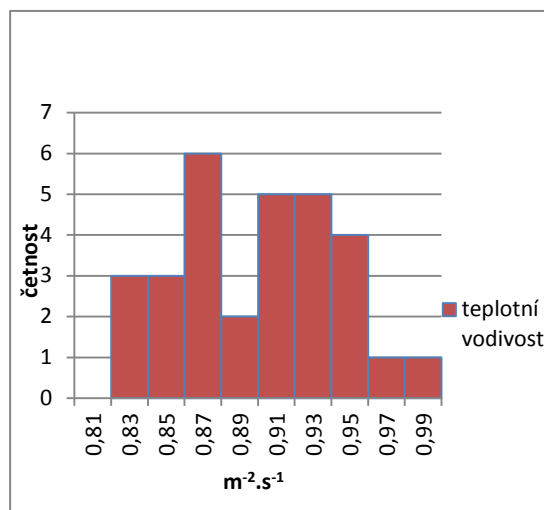


Obr. 67: Histogram tepelného toku u králíka

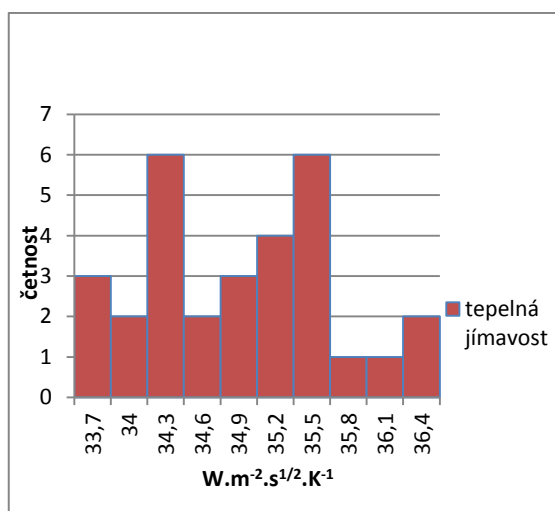




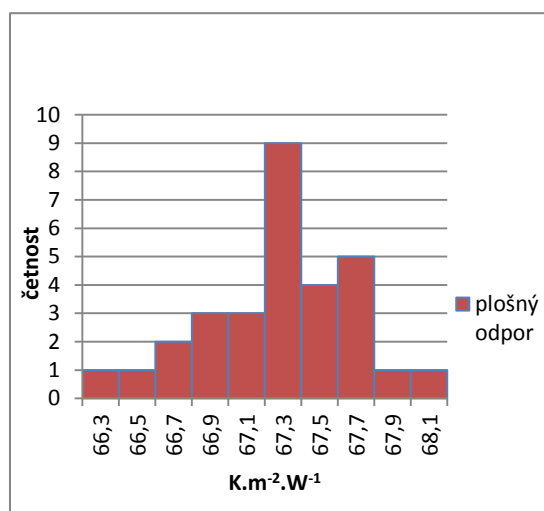
Obr. 68: Histogram tepelné vodivosti u polární lišky  
(hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



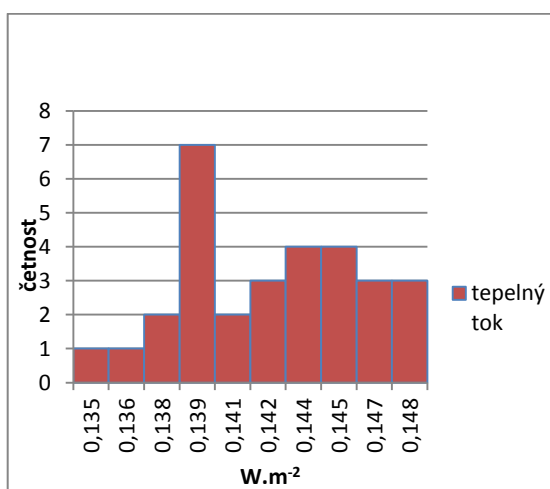
Obr. 69: Histogram teplotní vodivosti u  
polární lišky (hodnoty se násobí  $10^{-6}$ )



Obr. 70: Histogram tepelné jímavosti u polární lišky



Obr. 71: Histogram plošného odporu vedení  
tepla u polární lišky (hodnoty se násobí  $10^{-3}$ )



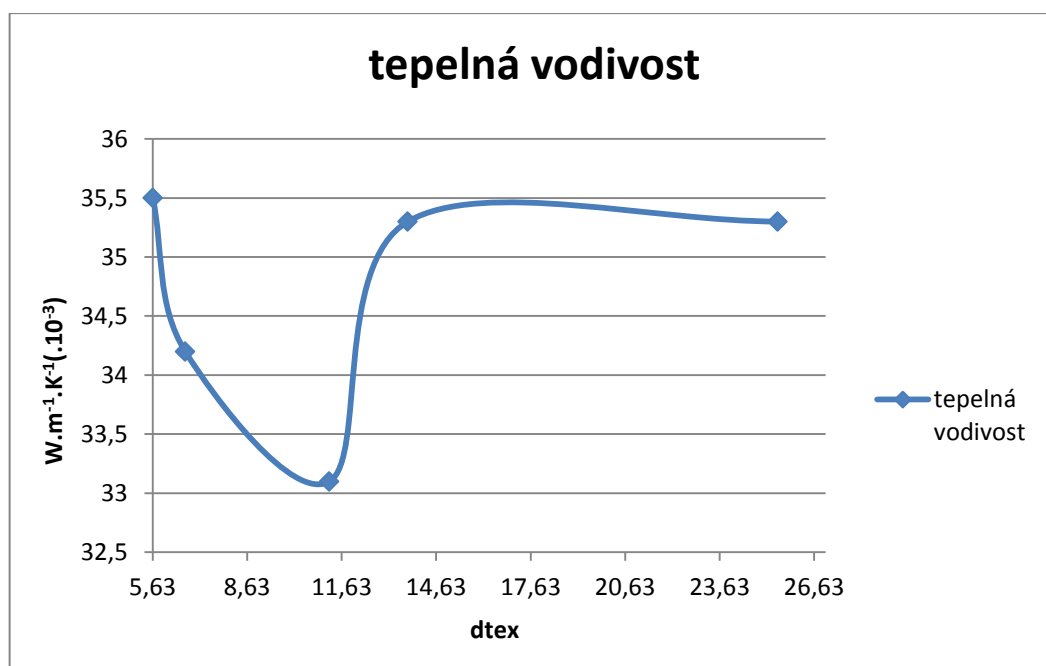
Obr. 72: Histogram tepelného toku u polární lišky

<b>Měrná teplotní vodivost</b>	Kavkazský ovčák	Vlna tuzemská	Králík	Vlna Merino	Polární liška
Směrodatná odchylka s	0,045	0,054	0,033	0,107	0,043
Variační koeficient	6,6	7,9	7,58	14,59	4,8
Interval spolehlivosti s Pravděpodobností 95%	0,682±0,017	0,685±0,02	0,439±0,013	0,733±0,04	0,900±0,02
<b>Tepelná jímavost</b>	Kavkazský ovčák	Vlna tuzemská	Králík	Vlna Merino	Polární liška
Směrodatná odchylka s	1,36	1,93	2,13	1,9	0,79
Variační koeficient	3,19	4,52	3,97	4,73	2,26
Interval spolehlivosti s Pravděpodobností 95%	42,7±0,5	42,7±0,7	53,7±0,8	40±0,7	34,9±0,3
<b>Plošný odpor vedení tepla</b>	Kavkazský ovčák	Vlna tuzemská	Králík	Vlna Merino	Polární liška
Směrodatná odchylka s	0,8	0,73	1,06	1,13	0,6
Variační koeficient	1,26	1,14	1,9	1,72	0,89
Interval spolehlivosti s Pravděpodobností 95%	63,9±0,3	63,8±0,3	62,7±0,4	65,9±0,4	67,3±0,2
<b>Měrná tepelná vodivost</b>	Kavkazský ovčák	Vlna tuzemská	Králík	Vlna Merino	Polární liška
Směrodatná odchylka s	0,248	0,37	0,48	0,55	0,305
Variační koeficient	0,7	1,05	1,35	1,61	0,92
Interval spolehlivosti s Pravděpodobností 95%	35,26±0,09	35,3±0,18	35,5±0,2	34,15±0,2	33,1±0,1
<b>Tepelný tok</b>	Kavkazský ovčák	Vlna tuzemská	Králík	Vlna Merino	Polární liška
Směrodatná odchylka s	0,00513	0,00544	0,00538	0,00758	0,00388
Variační koeficient	3,56	3,32	3,15	5,05	2,71
Interval spolehlivosti s Pravděpodobností 95%	0,144±0,002	0,164±0,002	0,171±0,002	0,152±0,003	0,143±0,002

Tab. 5: Výpočty směrodatné odchylky, variačního koeficientu a intervalu spolehlivosti pro termoizolační vlastnosti měřených vláken

## 2.6 Diskuze a vyhodnocení výsledků

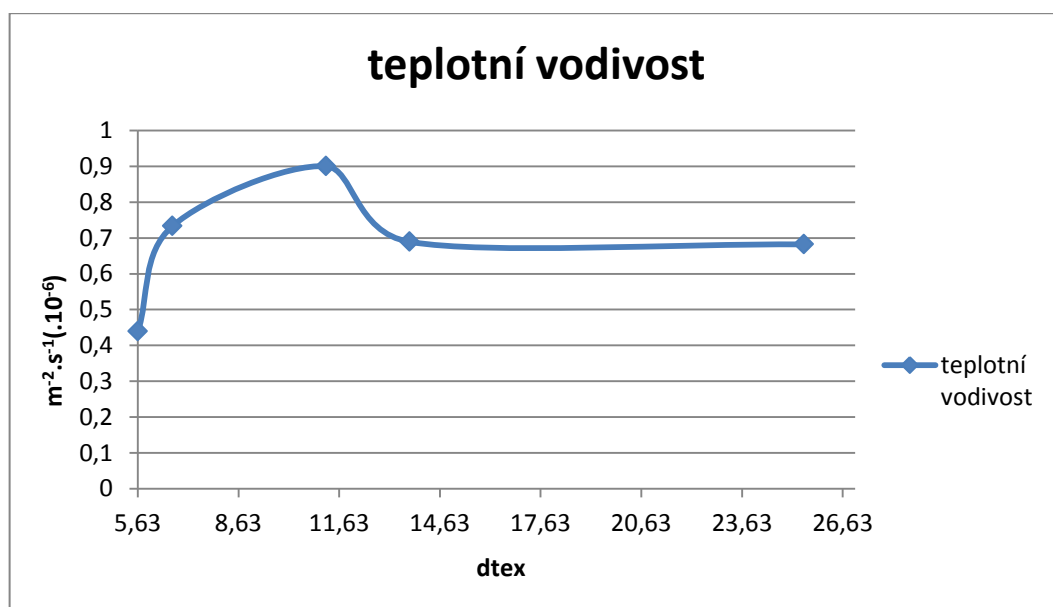
### Závislosti na jemnosti vláken



Obr. 73: Graf závislosti jemnosti vláken na tepelné vodivosti ( králík 5,63 dtex, vlna merino 6,66 dtex, polární liška 11,24 dtex, vlna tuzemská 13,73 dtex, kavkazský ovčák 25,48 dtex ). Hodnoty tepelné vodivosti se musí násobit  $10^{-3}$ .

Na obr. 73 je znázorněna tepelná vodivost v závislosti na jemnosti vláken. U prvních tří srstí je zřejmé, že čím je jemnost měřených vláken větší, tím je tepelná vodivost nižší. S hodnotou  $35,5 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a jemností 5,63 dtex má nejvyšší tepelnou vodivost králík. Může to způsobovat struktura vlákna. U králíka vlákna nemají šupinky příliš vystouplé a jejich plochy jsou rovné bez náznaku hrbolků, což pravděpodobně umožňuje lepší kontaktní plochy mezi vlákny a proto vyšší vodivost. Pro nižší vodivost by mohlo být výhodné, že králíčí vlákna mají dutinu a větší vlákna několik dutin viditelné na obr. 38. Ale také vlákna králíka mají jemnost 2x menší než srst polární lišky, která má nejnižší tepelnou vodivost z měřených vláken s hodnotou  $33,1 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a proto získané vzduchové kapsy uvnitř vláken mají svůj význam, když se podíváme na obr. 39, je zřejmé, že i polární liška má dutá vlákna, ale oproti králíčí srsti je dutina pouze jedna v každém vlákně. Pravděpodobně jemnost vláken, má u králíčích vláken za následek tepelnou vodivost menší vzduchové mezery. Mezi králíkem a polární liškou je s hodnotou tepelné vodivosti  $34,2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a jemností 6,66 dtex vlna merino, která nemá dutinu, a vlákna jsou celkově zaplněná. Šupinky u vlny merino jsou více

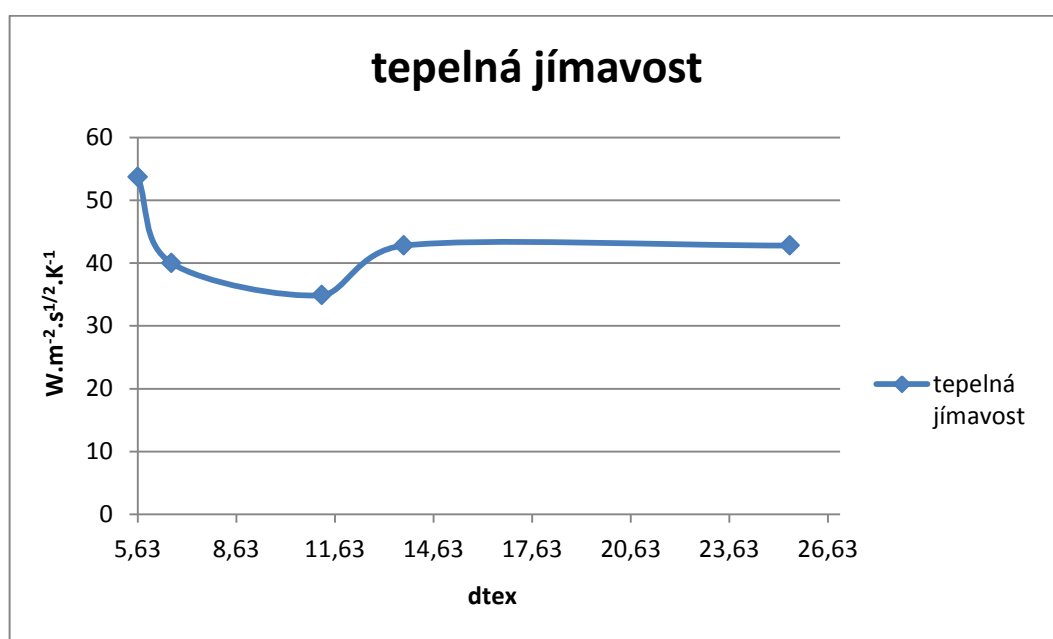
vystouplé než u králíčí srsti a kontakt mezi vlákny není tak znatelný. Pravděpodobně proto je vodivost nižší. Vlákná vlny tuzemské a kavkazského ovčáka mají shodně naměřenou hodnotu tepelné vodivosti  $35,3 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , ale jemnost vláken kavkazského ovčáka s hodnotou 25,48 dtex je skoro 2x větší než u vláken vlny tuzemské s hodnotou 13,73 dtex a oproti králíkovi, který má vodivost o  $0,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  vyšší, ale jemnost skoro 5x nižší. Vlákná tuzemské vlny jsou celkově zaplněna, jak je vidět na obr. 33 a neobsahují dutinu, pravděpodobně proto může být tepelná vodivost vyšší. Kavkazský ovčák s největší jemností měřených vláken nemá dutinu, ale větší či menší dřeňové kanálky uvnitř vlákna, viditelné na obr. 42, a šupinky, které nejsou příliš vystouplé a umožňují lepší kontakt mezi vlákny, může mít za následek stejnou teplotní vodivost jako vlna tuzemská.



Obr. 74: Graf závislosti jemnosti vláken na teplotní vodivosti ( králík 5,63 dtex, vlna merino 6,66 dtex, polární liška 11,24 dtex, vlna tuzemská 13,73 dtex, kavkazský ovčák 25,48 dtex ). Hodnoty teplotní vodivosti se musí násobit  $10^{-6}$ .

Na obr. 74 je znázorněna závislost teplotní vodivosti na jemnosti měřených vláken. U prvních tří srstí je teplotní vodivost stoupající. Jako u tepelné vodivosti máme seřazená vlákna králíka s nejnižší a zároveň nejhorší hodnotou teplotní vodivosti  $0,439 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  a jemností 5,63 dtex. Následuje vlna merino, která má druhá nejvyšší hodnotu  $0,733 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  a jemnost 6,66 dtex a s nejlepší naměřenou hodnotou  $0,9 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  a jemností 11,24 dtex je polární liška, která má schopnost srsti nejlépe se vyrovnání teple, kterou charakterizuje teplotní vodivost. Další srst je vlna tuzemská s hodnotou  $0,689 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  a

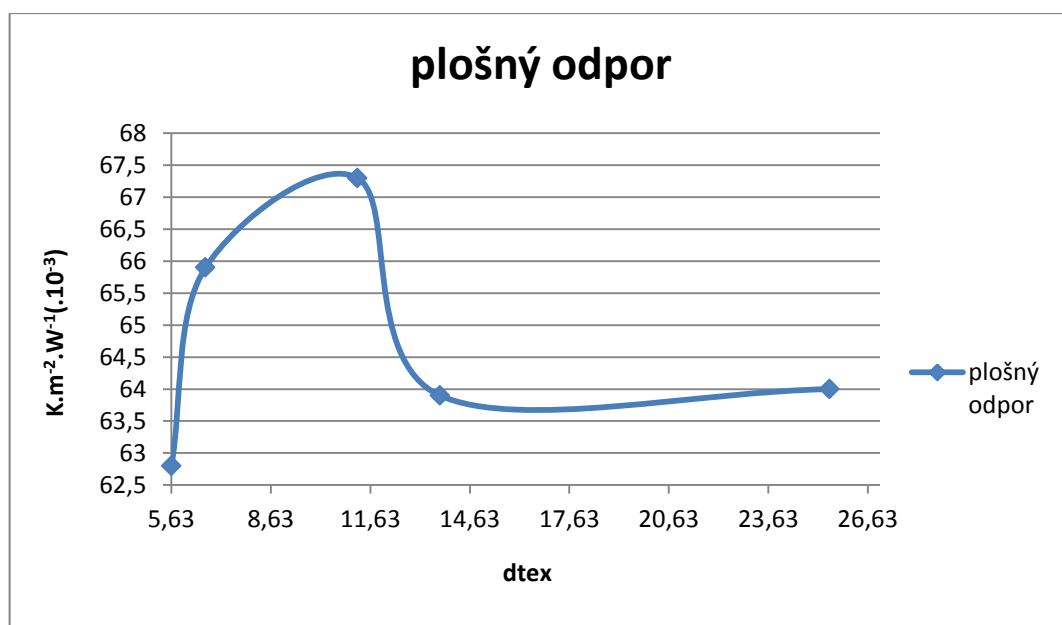
jemností 13,73 dtex. Oproti polární lišce ztrácí teplotní vodivost o  $0,2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , který ukazuje větší rozdíl. Skoro stejnou hodnotu teplotní vodivosti má kavkazský ovčák s  $0,682 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , ale u jemnosti je rozdíl skoro 12 dtex. Hodnoty teplotní vodivosti a tepelné vodivosti mají opačnou tendenci. Pokud se podíváme na obr. teplotní vodivosti, je tendence stoupající od králíka, přes vlnu merino až po srst polární lišky a poté pokles na hodnotu vlny tuzemské a kavkazského ovčáka. Pokud pomineme rozdíl v jemnostech, mají poslední dva hodnotu skoro stejnou. Na obr. tepelné vodivosti je situace stejná, jenom hodnoty nestoupají, ale klesají ve stejném pořadí a od polární lišky zase stoupnou na jednu shodnou hodnotu.



Obr. 75: Graf závislosti jemnosti vláken na tepelné jímavosti ( králík 5,63 dtex, vlna merino 6,66 dtex, polární liška 11,24 dtex, vlna tuzemská 13,73 dtex, kavkazský ovčák 25,48 dtex ).

Na obr. 75 je znázorněna závislost tepelné jímavosti na jemnosti měřených vláken. U prvních třech hodnot je tendence tepelné jímavosti klesající, čím je jemnost vláken větší. Hodnoty přestávají klesat u srsti polární lišky, která má hodnotu tepelné jímavosti nejnížší a to  $34,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  a jemnost 11,24 dtex. U polární lišky může být tepelná jímavost takto malá z důvodu velkých dutin ve vláknu viditelných na obr. 40 a proto většího množství vzduchu i díky lepší jemnosti a z toho vyplývajících větších vláken, než u vláken králíka s nejvyšší hodnotou tepelné jímavosti  $53,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$ , který má také duté vlákno, ale menší jemnost s hodnotou 5,63 dtex. Stěna vlákna u polární lišky je slabší oproti velikosti dutiny. Druhou srstí s nejnížší hodnotou  $40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  a jemností 6,66 dtex je vlna merino. Vlákná mají celkové zaplnění a žádné

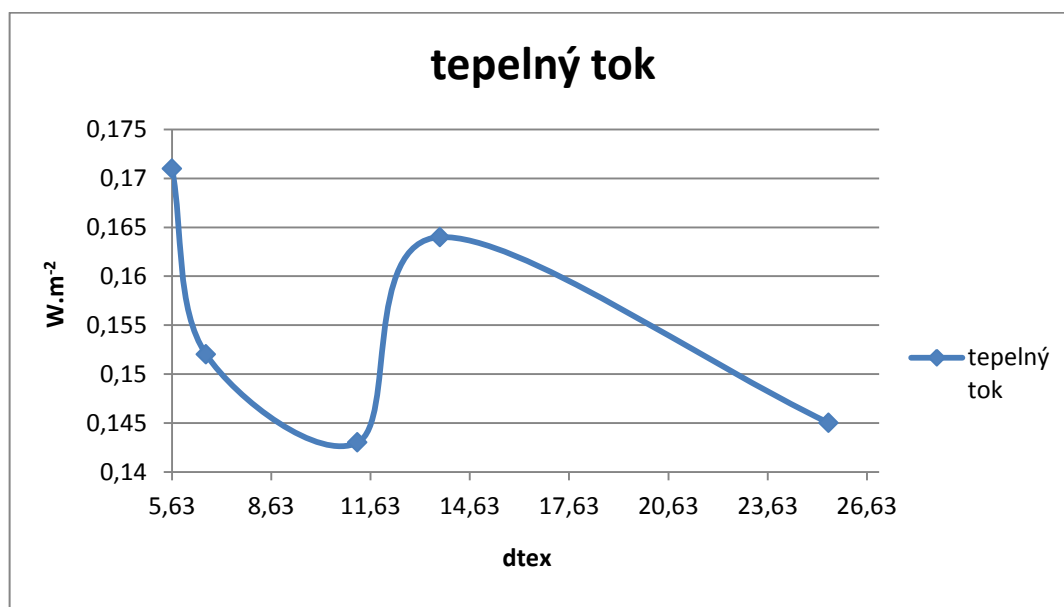
dutiny. Na stejné hodnotě jsou vlna tuzemská a kavkazský ovčák s hodnotou tepelné jímavosti  $42,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Shodná hodnota vypadá zajímavě, pokud se podíváme na jemnosti, kde u vlny tuzemské je 13,73 dtex a u kavkazského ovčáka 25,48 dtex. Na obr. 34 příčného řezu u vlny tuzemské, kde je vidět plné vlákno bez dutin a na obr. 42 příčný řez kavkazského ovčáka jsou vidět dřevné kanálky uvnitř vláken, což by mohlo vysvětlovat shodnou hodnotu tepelné jímavosti, i když je jemnost velmi odlišná.



Obr. 76: Graf závislosti jemnosti vláken na plošném odporu vedení tepla ( králík 5,63 dtex, vlna merino 6,66 dtex, polární liška 11,24 dtex, vlna tuzemská 13,73 dtex, kavkazský ovčák 25,48 dtex ). Hodnoty plošného odporu se musí násobit  $10^{-3}$ .

Na obr. 76 je znázorněna závislost plošného odporu vedení tepla na jemnosti měřených vláken. Plošný odpor je přímo úměrný tepelné vodivosti. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor [8]. Na obr. tepelné vodivosti je vidět, že závislost oproti plošnému odporu je přesně opačná. První tři srsti mají stoupající tendenci hodnot plošného odporu. Nejvyšší hodnotou plošného odporu je  $67,3 \text{ K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{W}^{-1}$ , kterou má polární liška s jemností 11,24 dtex. Jelikož polární liška má v každém vlákně jednu velkou dutinu a šupinky na povrchu vláken jsou do špičky, které více vystupují z jejich povrchu. Vlákně proto může mít velmi dobrý plošný odpor. Druhá nejvyšší hodnota je  $65,9 \text{ K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{W}^{-1}$ , která patří vlně merino s jemností 6,66 dtex. Pokud porovnáme vlákna vlny merino a vlny tuzemské, která má hodnotu  $63,9 \text{ K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{W}^{-1}$  a jemnost 13,73 dtex, tak rozdíl hodnot plošného odporu může být způsobeno rozdílnou jemností vláken nebo uspořádáním a stavbou šupinek. Vlna tuzemská má menší šupinky a na obvodu vlákna

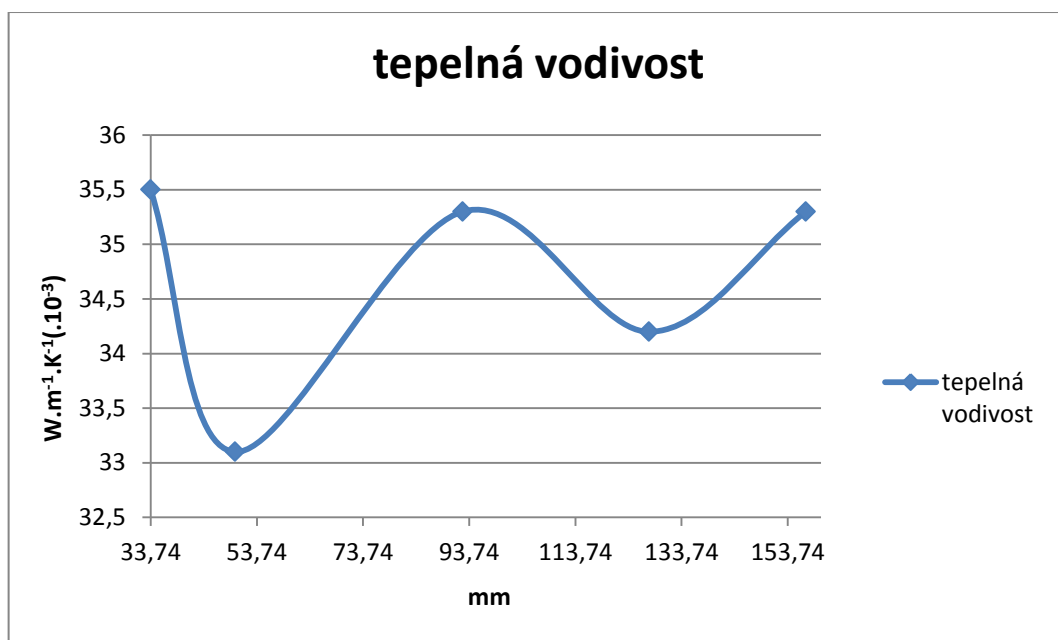
jich je více, ale u vlny merino jsou větší šupinky a na obvodu vlákna jsou asi dvě. Obě vlny jsou bez dutin. Na skoro stejné hodnotě plošného odporu jako vlna tuzemská je kavkazský ovčák s  $64 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$ , ale jemnost je skoro 2x větší. Jako nejnížší a tudíž nejhorší plošný odpor má králík s hodnotou  $62,8 \text{ K.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$  a jemností 5,63 dtex.



Obr. 77: Graf závislosti jemnosti vláken na tepelném toku ( králík 5,63 dtex, vlna merino 6,66 dtex, polární liška 11,24 dtex, vlna tuzemská 13,73 dtex, kavkazský ovčák 25,48 dtex ).

Na obr. 77 je znázorněna závislost tepelného toku na jemnosti měřených vláken. První tři srsti v závislosti na jemnosti mají klesající charakter. Nejnížší a nejlepší tepelný tok je naměřen u polární lišky s hodnotou  $0,143 \text{ W.m}^{-2}$  a jemností 11,24 dtex. Jelikož vlákna mají veliké dutiny, jejich tepelný tok musí být malý. Druhá srst je překvapivě kavkazský ovčák, který má tepelný tok  $0,145 \text{ W.m}^{-2}$  a jemností 25,48 dtex. Hodnotou tepelného toku je velmi podobný polární lišce. Protože vlákna jsou uvnitř s dřevnými kanálky, je takto malá hodnota skutečná. Dále je s hodnotou tepelného toku  $0,152 \text{ W.m}^{-2}$  a jemností 6,66 dtex vlna merino. Vláknem je plné bez dutin. Stejně plné vlákno má i vlna tuzemská, která má tepelný tok horší s hodnotou  $0,164 \text{ W.m}^{-2}$  a jemností 6,66 dtex. Proto u vln bude podstatná jemnost, která je u vlny merino nižší a tím i tepelný tok. Největší hodnotu tepelného toku a tudíž nejhorší má králík s hodnotou  $0,171 \text{ W.m}^{-2}$  a jemností 5,63 dtex. Vláknem jsou dutá a tepelný tok by měl být také malý, ale jelikož je jemnost malá, tak vzduchové mezery ve vláknech jsou zanedbatelné v porovnání s ostatními měřenými vlákny.

## Závislosti na délce vláken

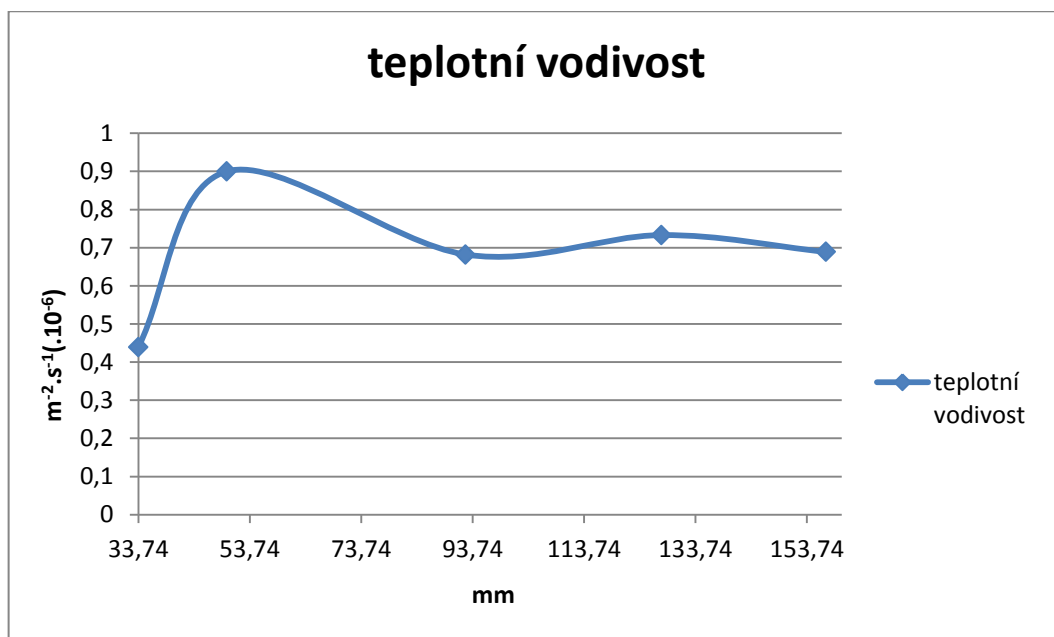


Obr. 78: Graf závislosti délky vláken na tepelné vodivosti ( králík 33,74 mm, polární liška 49,62 mm, kavkazský ovčák 92,48 mm, vlna merino 127,62 mm, vlna tuzemská 157,17 mm). Hodnoty tepelné vodivosti se musí násobit  $10^{-3}$ .

Na obr. 78 je znázorněna závislost tepelné vodivosti na délce měřených vláken. Ze závislosti vyplývá, že nejmenší naměřená hodnota tepelné vodivosti a nejlepší má srst polární lišky s hodnotou  $33,1 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a délkou vláken 49,62 mm. Na obr. 40 příčného řezu jsou vidět velké dutiny ve vláknech, které budou mít za následek snížení tepelné vodivosti. Další nejnižší hodnotu tepelné vodivosti o velikosti  $34,2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a délce 127,62 mm má vlna merino, která má vlákna celkově zaplněná a oproti polární lišce je jiná struktura vlákna. Stejná naměřená hodnota tepelné vodivosti je vidět u kavkazského ovčáka a vlny tuzemské. Obě tyto srsti mají hodnotu  $35,3 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ , ale rozdíl délek vláken je velký. Kavkazský ovčák má délku 92,48 mm a vlna tuzemská 157,17 mm. Velký rozdíl v délkách vláken nahrazují dřeňové kanálky uvnitř srsti kavkazského ovčáka. U vlny tuzemské je celkové zaplnění vláken, proto zde bude důležitější nižší jemnost. Největší a tudíž nejhorší hodnotu tepelného toku má srst králíka s  $35,5 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  a délkou 33,74 mm. Pokud by se nebral ohled na polární lišku a vlnu merino, tak u zbývajících třech srstí je rozdíl naměřených hodnot tepelné vodivosti jen  $0,2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ . Na obr. závislosti délky na tepelné vodivosti je vidět velký rozdíl v délkách vláken. U vláken králíka jsou skoro 5x menší než u vlny tuzemské, ale



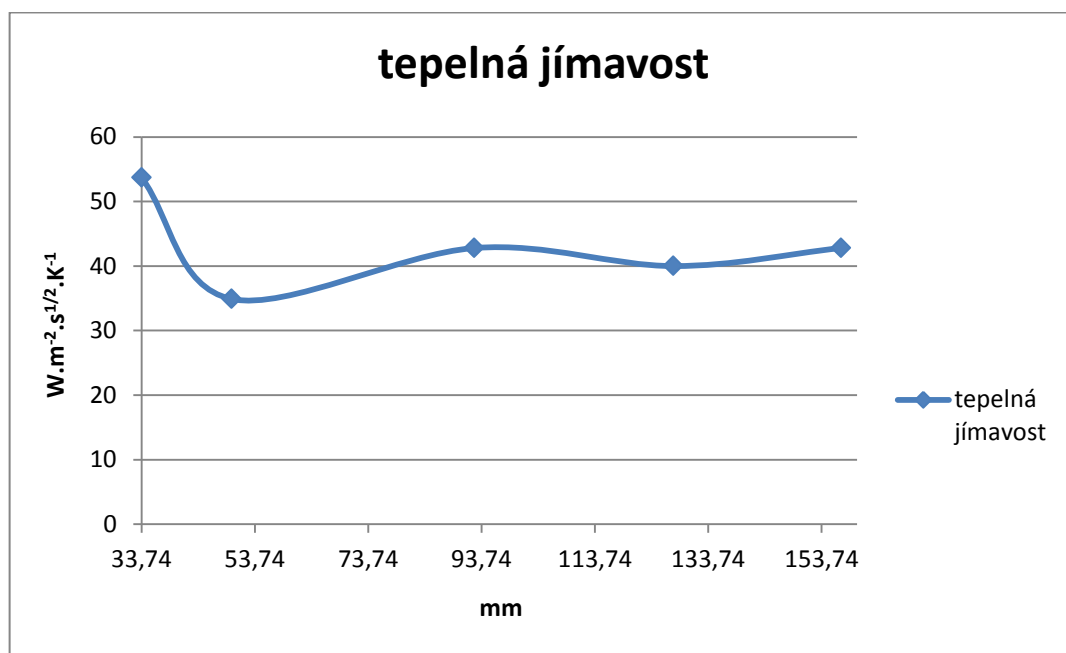
hodnota tepelné vodivosti s malým rozdílem. Větší vliv na tepelnou vodivost bude mít jemnost a struktura vláken.



Obr. 79: Graf závislosti délkou vláken na teplotní vodivosti ( králík 33,74 mm, polární liška 49,62mm, kavkazský ovčák 92,48 mm, vlna merino 127,62 mm, vlna tuzemská 157,17 mm). Hodnoty teplotní vodivosti se musí násobit  $10^{-6}$ .

Na obr. 79 je znázorněna závislost teplotní vodivosti na délce měřených vláken. Ze závislosti je vidět, že nejvyšší hodnotu teplotní vodivosti  $0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  má polární liška, u které je délka vláken 49,62 mm. Nejnižší hodnotu a nejhorší má srst králíka a to  $0,439 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , která je více jak 2x menší než u vláken polární lišky. Délka vláken u králíka je 33,74 mm. Rozdílné hodnoty těchto dvou srstí může ovlivňovat délka, která je u polární lišky větší, ale jemnost má menší srst králíka. Důležitá je struktura vláken. Polární liška má jednu dutinu uvnitř vláken a králík ve větších vláknech i několik dutin. Další tři měřené srsti nemají příliš rozdílné hodnoty teplotní vodivosti. Vlna tuzemská má hodnotu  $0,689 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , ale délku má největší z měřených vláken s hodnotou 157,17 mm. Skoro na stejné teplotní vodivosti je kavkazský ovčák, který má  $0,682 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a délku 92,48 mm. Podobné hodnoty srstí může ovlivňovat délka, ale i jemnost vláken. Vlna tuzemská má větší hodnotu délky vláken, ale kavkazský ovčák má větší jemnost. S délkou vláken 127,62 mm a teplotní vodivosti  $0,733 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , která je druhá nejvyšší z měřených vláken je vlna merino. Oproti polární lišce má vlna merino větší délku vláken, ale menší jemnost. Hodnoty délek a jemností se mohou ovlivňovat navzájem, ale velký význam má i struktura vláken, která je odlišná, jelikož u vlny merino je

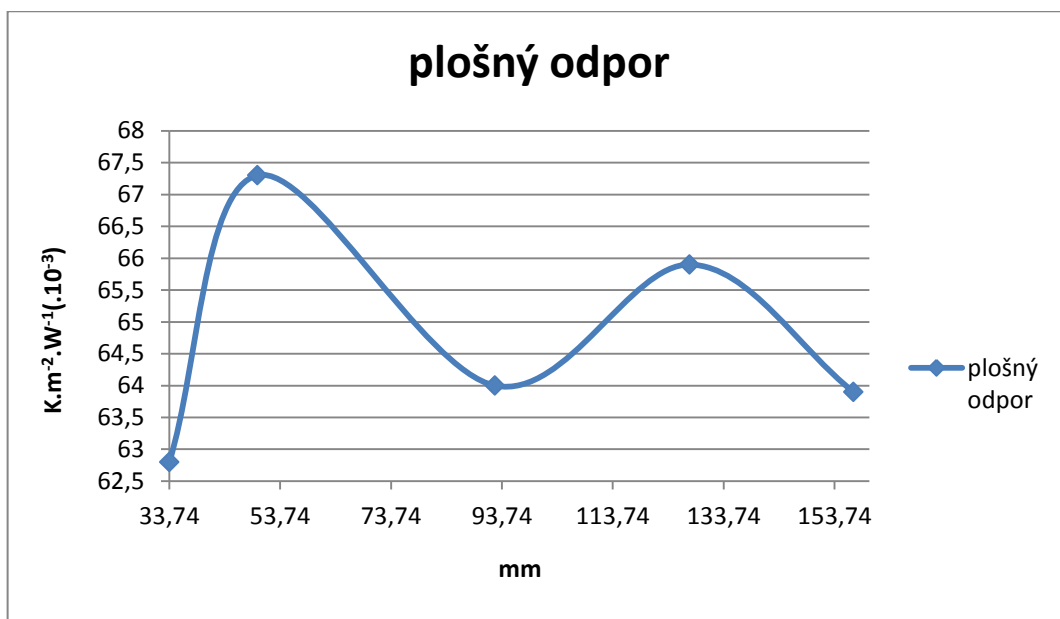
celkové zaplnění vláken a šupinky rovnoměrně skládané po obvodu viditelné na obr. 35. U polární lišky jsou šupinky do hrotů a uspořádání je více nahodilé, které je vidět na obr. 39.



Obr. 80: Graf závislosti délky vláken na tepelné jímavosti ( králík 33,74 mm, polární liška 49,62mm, kavkazský ovčák 92,48 mm, vlna merino 127,62 mm, vlna tuzemská 157,17 mm).

Na obr. 80 je znázorněna závislost tepelné jímavosti na délce měřených vláken. Na obr. 80 je vidět s nejnižší hodnotou tepelné jímavosti  $34,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  a délkou 49,62 mm polární liška. Nejnižší hodnota může být způsobena velkou dutinou uvnitř všech vláken a vystouplejšími šupinkami. Nejvyšší tepelná jímavost se naměřila u vláken králíka o hodnotě 53,7 a délkou 33,74 mm. Tato hodnota tepelné jímavosti u králíka je v skoro o  $19 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  vyšší než u polární lišky, ale délka vláken klesla u králíka asi o 16 mm. Králík má také dutiny ve vláknech, ale menší délku i jemnost srsti. Druhou nejnižší naměřenou hodnotou tepelné jímavosti je vlna merino s  $40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  a délkou 127,62 mm. Oproti polární lišce má vlna merino větší délku vláken, ale menší jemnost. Rozdíl v hodnotě tepelné jímavosti bude hrát i struktura vláken vlny merino, která nemá dutinu. A šupinky jsou jinak uspořádané. Shodné hodnoty tepelné jímavosti mají kavkazský ovčák a vlna tuzemská s  $42,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$ , ale v délce vláken je znatelný rozdíl, když kavkazský ovčák má délku 92,48 mm a vlna tuzemská dokonce 157,17 mm. Délkou vlna tuzemská převyšuje kavkazského ovčáka, ale u

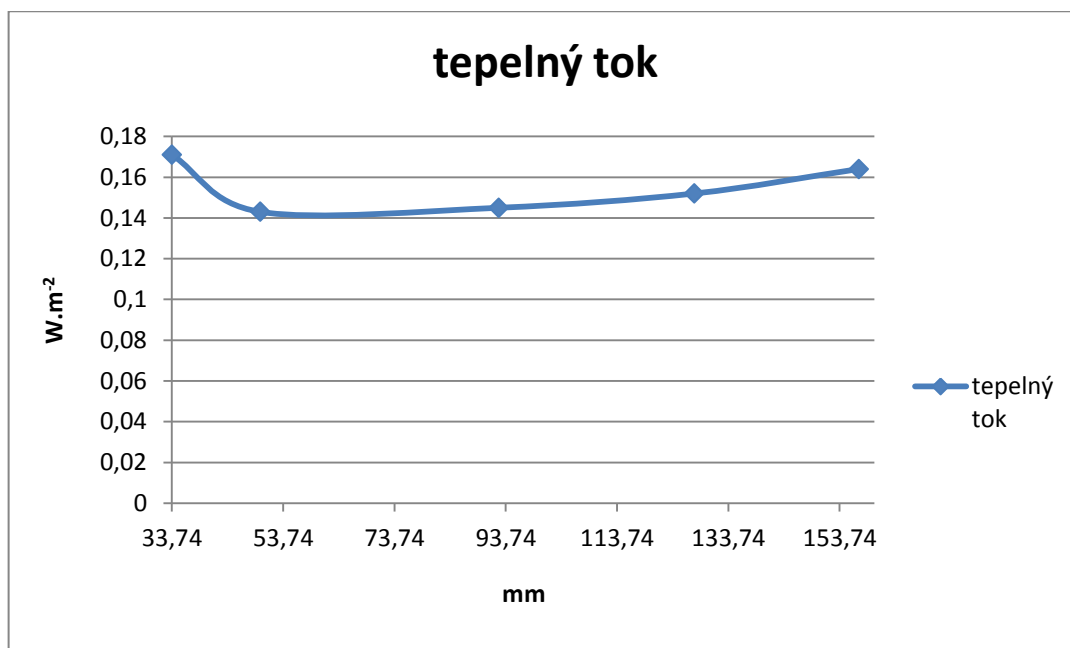
jemnosti je rozdíl opačný, proto se můžou tyto dvě hodnoty ovlivňovat a hodnota je stejná.



Obr. 81: Graf závislosti délky vláken na plošném odporu vedení tepla ( králík 33,74 mm, polární liška 49,62mm, kavkazský ovčák 92,48 mm, vlna merino 127,62 mm, vlna tuzemská 157,17 mm). Hodnoty plošného odporu se musí násobit  $10^{-3}$ .

Na obr. 81 je znázorněna závislost plošného odporu vedení tepla na délce měřených vláken. Plošný odpor je přímo závislý na tepelné vodivosti. *Čím je hodnota tepelné vodivosti nižší, tím je tepelný odpor vyšší* [8]. Jak je viditelné z obr. 78 a 81 tepelné vodivosti a plošného odporu, hodnoty jsou vždy opačné u všech měřených srstí. Ze závislosti vyplývá, že nejvyšší a tudíž nejlepší hodnotu plošného odporu mají vlákna polární lišky s  $67,3 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a délkou 49,62 mm. S druhou nejvyšší hodnotou plošného odporu je vlna merino s  $65,9 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a délkou vláken 127,62 mm. Lepší plošný odpor u polární lišky bude způsoben dutinou ve vláknech, která se u vlny merino nevyskytuje. Skoro shodné hodnoty mají vlna tuzemská a kavkazský ovčák. Vlna tuzemská má plošný odpor vláken  $63,9 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a délku 157,17 mm, která je z měřených vláken největší. Kavkazský ovčák je o  $0,1 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a to hodnotě  $64 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a délkou vláken 92,48 mm. O trochu lepší hodnotu u Kavkazského ovčáka můžou způsobovat dřevné kanálky uvnitř vláken, které u měřených vzorků vlny tuzemské nejsou. Vlna tuzemská má celkové zaplnění a plošný odpor není tak velký, protože neobsahuje žádné vzduchové mezery. Poslední a nejnižší hodnotu plošného odporu mají vlákna králíka  $62,8 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$  a délkou 33,74 mm. Oproti vlnám má králík velmi krátká

vlákna, ale zlepšovat jeho plošný odpor můžou dutiny ve vláknech, které můžou být ovlivňovány menší jemností.



Obr. 82: Graf závislosti délky vláken na tepelném toku ( králík 33,74 mm, polární liška 49,62mm, kavkazský ovčák 92,48 mm, vlna merino 127,62 mm, vlna tuzemská 157,17 mm).

Na obr. 82 je znázorněna závislost tepelného toku na délce měřených vláken. Na obr. 82 je viditelná závislost tepelného toku a délky vláken, ale s nejvyšší hodnotou  $0,171 W.m^{-2}$  a délkou vláken 33,74 mm je srst králíka, která má za následek, že závislost nejdříve klesá k nejnižší hodnotě tepelného toku  $0,143 W.m^{-2}$  a délce 49,62 mm patřící polární lišce. Jelikož polární liška má vlákna s velkou dutinou a stěna vláken je slabší, její tepelný tok bude proto nízký. Další nejnižší hodnotu tepelného toku má srst kavkazského ovčáka  $0,145 W.m^{-2}$  a délkou 92,48 mm. Dřeňové kanálky uvnitř vláken přispívají k nižšímu tepelnému toku z důvodu výskytu vzduchových mezer. Za kavkazským ovčákem a stále se stoupající závislostí na délce vláken je s hodnotou tepelného toku vlna merino  $0,152 W.m^{-2}$  a délkou 127,62 mm. Vlákna vlny merinové neobsahují žádné dutiny ani dřeňové kanálky. Pro vyšší hodnotu tepelného toku může být příčina v poskládání šupinek na povrchu vláken, která zajistí lepší kontaktní plochu mezi vlákny. Poslední vlákna se stoupající závislostí tepelného toku na délce je vlna tuzemská  $0,164 W.m^{-2}$  a délce 157,17 mm, která má plné vlákno a neobsahuje žádné dutiny. Jelikož vlákno nemá žádné vzduchové mezery, bude hodnota tepelného toku vyšší, protože nemá žádné velké překážky v šíření tepla.

Po zhodnocení výsledků měření byly některá zjištění překvapivá a jiná zůstala za očekáváním. U všech měření týkajících se termoizolačních vlastností vyšla nejlépe srst polární lišky. Tento výsledek se očekával pro předpoklad, že polární liška pro své přežití potřebuje výjimečně dobré vlastnosti vláken. U polární lišky, která je převážně masožravec a jedná se o predátora, je dostupnost vláken a tím srsti obtížnější i hlavně z cenového hlediska. Druhou srstí pro své termoizolační vlastnosti vyšla vlna merino, která zůstala trochu za očekáváním, ale to mohlo být způsobeno poskytnutým vzorkem vláken, které patřily k hrubším ohledně jemnosti. Vlna merino má ve světě právem početné zastoupení chovu pro své kvalitní vlastnosti vláken. Jelikož se u ovčí poskytující vlnu merino jedná o býložravce, je chov a dostupnost srsti tohoto zvířete velmi dobrá. Na třetím místě skončila srst kavkazského ovčáka, která sice neměla tak jednoznačné výsledky jako polární liška nebo vlna merino, ale po zhodnocení naměřených hodnot je tato srst lepší než vlna tuzemská. Takovéto zjištění bylo překvapivé, ale ne neočekávané. Na čtvrtém místě je, jak už bylo naznačeno vlna tuzemská, která velmi konkurovala kavkazskému ovčákovi. Hodnoty termoizolačních vlastností byly u těchto dvou srstí hodně podobné, ale pokud vezmeme v úvahu dostupnost srstí, bude více vhodná vlna tuzemská, protože chov ovcí je více rozšířený a relativně méně náročný, než u Kavkazského ovčáka, jehož chov je především pro hlídání stád nebo jako domácí mazlíček. Jako pátá a proto i poslední skončila srst králíka. U všech hodnot týkajících se termoizolačních vlastností skončila poslední. Toto zjištění se předpokládalo s ohledem na srsti, s kterými byla králíčí vlákna porovnávána. Jeho chov dnes už není tolik rozšířený, ale srst je možné velmi dobře sehnat.

Všechny zjištěné hodnoty na přístrojích Vibroskop 400, Rastrovací elektronový mikroskop a Alambeta byly získány z vláken vždy z jednoho zvířete od svého druhu. Je možné, že získané vzorky z jiných zvířat, ale stejných druhů by mohly mít jiné výsledky jak hodnot, tak i pořadí. Záleží, z jaké části zvířete jsou vzorky odebrány, jak je zvíře živé a z jaké části světa pochází.

### 3 Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na celkovou analýzu z hlediska termoizolačních vlastností vybraných živočišných vláken. Jedním z bodů bakalářské práce bylo navrhnout experiment, při kterém budou zjištěny vybrané vlastnosti vláken se zvláštním důrazem na jejich termoizolační vlastnosti. Pro zjištění termoizolačních vlastností byl použit poloautomatický přístroj Alambeta, který měřil měrnou tepelnou vodivost, měrnou teplotní vodivost, tepelnou jímavost, plošný odpor vedení tepla a tepelný tok.

Dále byla zkoumána jemnost a délka vybraných vláken, pro zjištění možného vlivu těchto charakteristik na termoizolační vlastnosti vláken. Pro jemnost vláken byl při zkoumání využit přístroj Vibroskop 400. Naměřené hodnoty délek a jemností byly dány do grafů závislostí na termoizolačních vlastnostech měřených vláken a byla provedena diskuze. Diskuze byla dále provedena i s ohledem na strukturu vybraných živočišných vláken. Struktura byla zkoumána pomocí obrazů vytvořených na rastrovacím elektronovém mikroskopu.

Porovnávána byla vlákna kavkazského ovčáka, polární lišky a králíka s vlákny vlny tuzemské a vlny merino. Jednoznačně nejlepší vlákno v termoizolačních vlastnostech je polární liška, ale s ohledem na praktické využití je vhodnější vlna. Vlákna, které mají nejhorší termoizolační vlastnosti, jsou králíčí.

V průběhu získávání a sestavování bakalářské práce se dodržovaly body v zadání a cíle bakalářské práce byly splněny. V bakalářské práci jsou zajímavá zjištění, které by mohly být dále zkoumány nebo rozšířeny o další experimenty, jako vliv obloučkovitosti na termoizolační vlastnosti nebo více zkoumaných vzorků od jedné srsti.

## 4 Použitá literatura

- [1] Dostálová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby Liberec 2004.
- [2] Militký, J.: Textilní vlákna klasická a speciální. Skripta TUL, Liberec 2002.
- [3] <http://www.skolatextilu.cz/vlakna/index.php?page=5> [cit. 26.1.2010]
- [4] <http://www.predeni.cz/stranky/materialy.htm> [cit. 2.2.2010]
- [5] DR.Pierre Rousselet-Blanc Obrazová encyklopedie pes, 1999
- [6] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/rem> [cit. 3.4.2011]
- [7] <http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2005/cd/prispevky/sbpdf/matvyzk.pdf> [cit. 12.2.2010]
- [8] [http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02_01.pdf)  
[cit. 24.2.2010]
- [9] <http://www.google.cz/#sclient=psy> [cit. 5.3.2011]
- [10] [http://vct.tul.cz/prac\\_fyz\\_vl4.php](http://vct.tul.cz/prac_fyz_vl4.php) [cit. 18.4.2012]
- [11] [http://www.cromocol.se/pdf/239\\_vp400.pdf](http://www.cromocol.se/pdf/239_vp400.pdf) [cit. 18.4.2012]
- [12] [http://www.kama.cz/db/wysiwyg/vlna\\_argumenty.pdf](http://www.kama.cz/db/wysiwyg/vlna_argumenty.pdf) [cit. 18.4.2012]
- [13] <http://www.e-planeta.cz/savci/liska-polarni> [cit. 18.4.2012]
- [14] ČSN EN ISO 1973 (800269): Textilní vlákna - Zjišťování délkové hmotnosti - Gravimetrická a vibroskopická metoda. Datum vydání : 1.3.1997
- [15] Interní norma č. 23-304-02/01: Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta

## **Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: Rozdělení vláken

Obrázek č. 2: Ovce tuzemská

Obrázek č. 3: Podélný pohled vláken vlny ovce tuzemské

Obrázek č. 4: Příčný řez vláken vlny ovce tuzemské

Obrázek č. 5: Vláknenná struktura vlny

Obrázek č. 6: Ovce australské

Obrázek č. 7: Králík

Obrázek č. 8: Polární liška

Obrázek č. 9: Kavkazský ovčák

Obrázek č. 10: Schéma rastrovacího elektronového mikroskopu

Obrázek č. 11: Přístroj Alambeta

Obrázek č. 12: Přístroj Vibroskop 400

Obrázek č. 13: Jemnost vláken králičí podsady

Obrázek č. 14: Jemnost vláken králičích pesíků

Obrázek č. 15: Jemnost vláken kavkazského ovčáka podsady

Obrázek č. 16: Jemnost vláken kavkazského ovčáka pesíků

Obrázek č. 17: Jemnost vláken vlny merino podsady

Obrázek č. 18: Jemnost vláken vlny merino pesíků

Obrázek č. 19: Jemnost vláken polární lišky podsada

Obrázek č. 20: Jemnost vláken polární lišky pesíků

Obrázek č. 21: Jemnost vláken vlny tuzemské podsady

Obrázek č. 22: Jemnost vláken vlny tuzemské pesíků



Obrázek č. 23: Délka vláken králíka podsady

Obrázek č. 24: Délka vláken králíka pesíků

Obrázek č. 25: Délka vláken kavkazského ovčáka podsady

Obrázek č. 26: Délka vláken kavkazského ovčáka pesíků

Obrázek č. 27: Délka vláken vlny merino podsady

Obrázek č. 28: Délka vláken vlny merino pesíků

Obrázek č. 29: Délka vláken polární lišky podsady

Obrázek č. 30: Délka vláken polární lišky pesíků

Obrázek č. 31: Délka vláken vlny tuzemské podsady

Obrázek č. 32: Délka vláken vlny tuzemské pesíků

Obrázek č. 33: Podélný pohled vláken vlny ovce tuzemské

Obrázek č. 34: Příčný řez vláken vlny ovce tuzemské

Obrázek č. 35: Podélný pohled vláken vlny ovce merino

Obrázek č. 36: Příčný řez vláken vlny ovce merino

Obrázek č. 37: Podélný pohled vláken králíka

Obrázek č. 38: Příčný řez vláken králíka

Obrázek č. 39: Podélný pohled vláken polární lišky

Obrázek č. 40: Příčný řez vláken polární lišky

Obrázek č. 41: Podélný pohled vláken kavkazského ovčáka

Obrázek č. 42: Příčný řez vláken kavkazského ovčáka

Obrázek č. 43: Graf měrné teplotní vodivosti

Obrázek č. 44: Graf tepelné jímavosti

Obrázek č. 45: Graf plošného odporu vedení tepla

Obrázek č. 46: Graf měrné tepelné vodivosti

Obrázek č. 47: Graf tepelného toku

Obrázek č. 48: Histogram tepelné vodivosti u kavkazského ovčáka

Obrázek č. 49: Histogram teplotní vodivosti u kavkazského ovčáka

Obrázek č. 50: Histogram tepelné jímavosti u kavkazského ovčáka

Obrázek č. 51: Histogram plošného odporu vedení tepla u kavkazského ovčáka

Obrázek č. 52: Histogram tepelného toku u kavkazského ovčáka

Obrázek č. 53: Histogram tepelné vodivosti u vlny merino

Obrázek č. 54: Histogram teplotní vodivosti u vlny merino

Obrázek č. 55: Histogram tepelné jímavosti u vlny merino

Obrázek č. 56: Histogram plošného odporu vedení tepla u vlny merino

Obrázek č. 57: Histogram tepelného toku u vlny merino

Obrázek č. 58: Histogram tepelné vodivosti u vlny tuzemské

Obrázek č. 59: Histogram teplotní vodivosti u vlny tuzemské

Obrázek č. 60: Histogram tepelné jímavosti u vlny tuzemské

Obrázek č. 61: Histogram plošného odporu vedení tepla u vlny tuzemské

Obrázek č. 62: Histogram tepelného toku u vlny tuzemské

Obrázek č. 63: Histogram tepelné vodivosti u králíka

Obrázek č. 64: Histogram teplotní vodivosti u králíka

Obrázek č. 65: Histogram tepelné jímavosti u králíka

Obrázek č. 66: Histogram plošného odporu vedení tepla u králíka

Obrázek č. 67: Histogram tepelného toku u králíka

Obrázek č. 68: Histogram tepelné vodivosti u polární lišky

Obrázek č. 69: Histogram teplotní vodivosti u polární lišky

Obrázek č. 70: Histogram tepelné jímavosti u polární lišky

Obrázek č. 71: Histogram plošného odporu vedení tepla u polární lišky

Obrázek č. 72: Histogram tepelného toku u polární lišky

Obrázek č. 73: Graf závislosti jemnosti na tepelné vodivosti

Obrázek č. 74: Graf závislosti jemnosti na teplotní vodivosti

Obrázek č. 75: Graf závislosti jemnosti na tepelné jímavosti

Obrázek č. 76: Graf závislosti jemnosti na plošném odporu vedení tepla

Obrázek č. 77: Graf závislosti jemnosti na tepelném toku

Obrázek č. 78: Graf závislosti délky na tepelné vodivosti

Obrázek č. 79: Graf závislosti délky na teplotní vodivosti

Obrázek č. 80: Graf závislosti délky na tepelné jímavosti

Obrázek č. 81: Graf závislosti délky na plošném odporu vedení tepla

Obrázek č. 82: Graf závislosti délky na tepelném toku

## **Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Jemnost živočišných vláken

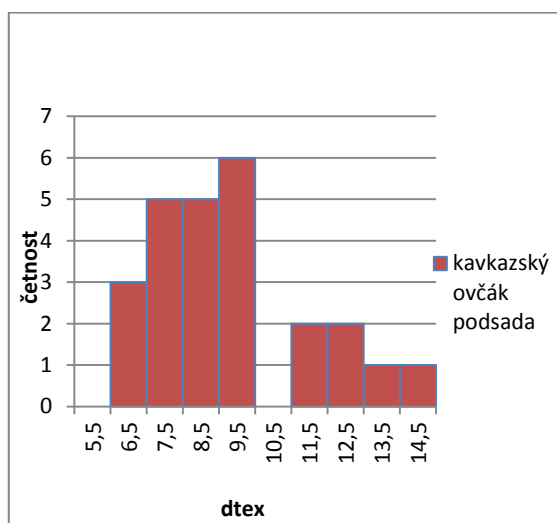
Tabulka č. 2: Statistické výpočty pro jemnost živočišných vláken

Tabulka č. 3: Délka živočišných vláken

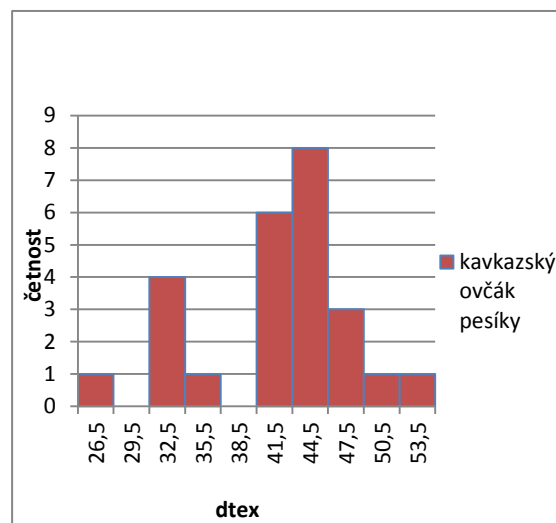
Tabulka č. 4: Statistické výpočty pro délku živočišných vláken

Tabulka č. 5: Výpočty směrodatné odchylky, variačního koeficientu a intervalu spolehlivosti pro termoizolační vlastnosti měřených vláken

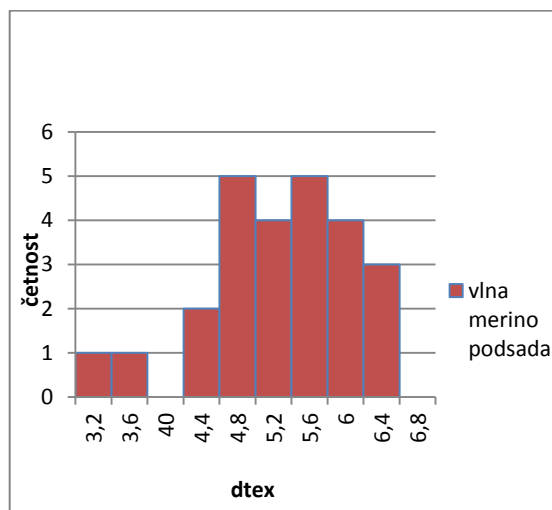
## Příloha



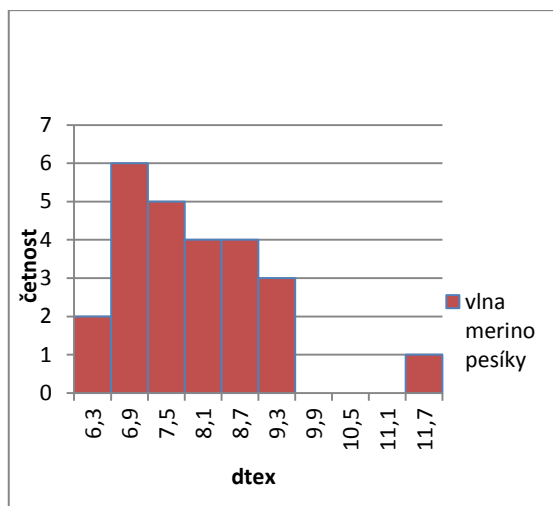
Obr. 15: Jemnost vláken kavkazského ovčáka podsady



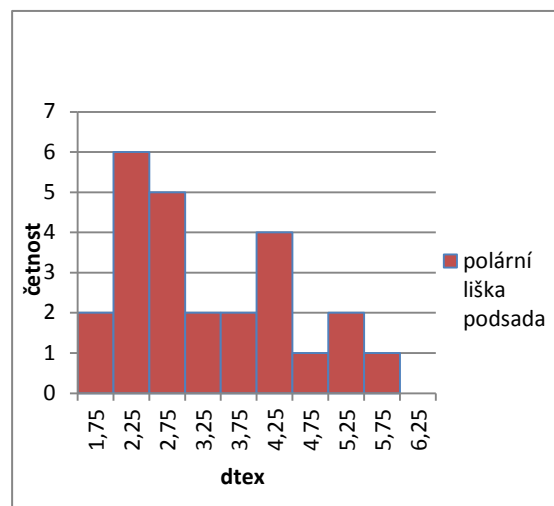
Obr. 16: Jemnost vláken kavkazského ovčáka pesíků



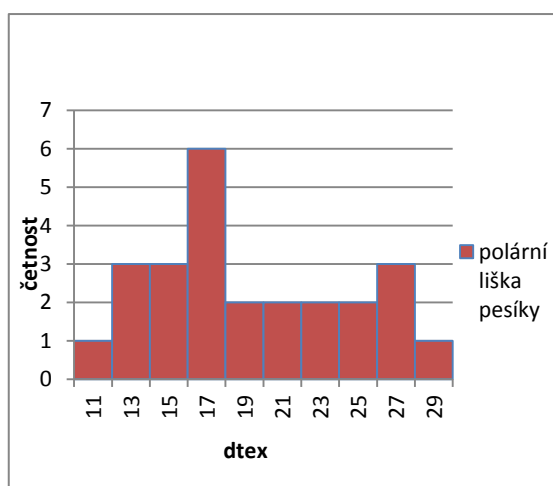
Obr. 17: Jemnost vláken vlny merino podsady



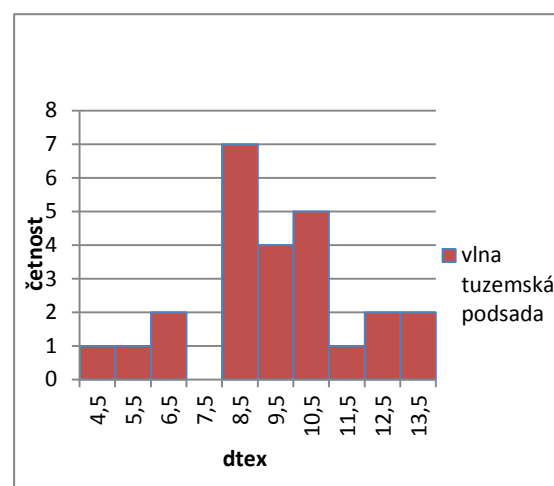
Obr. 18: Jemnost vláken vlny merino pesíků



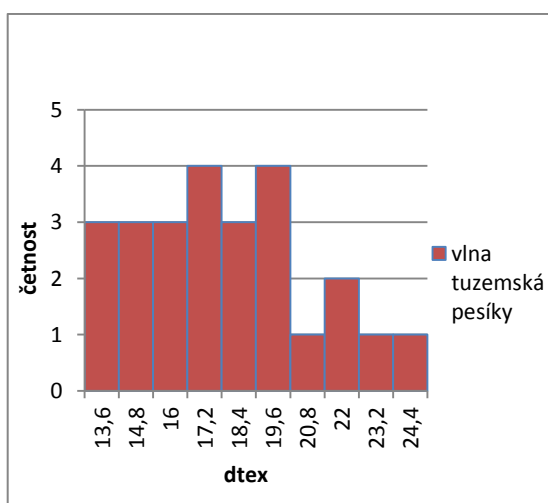
Obr. 19: Jemnost vláken polární lišky podsady



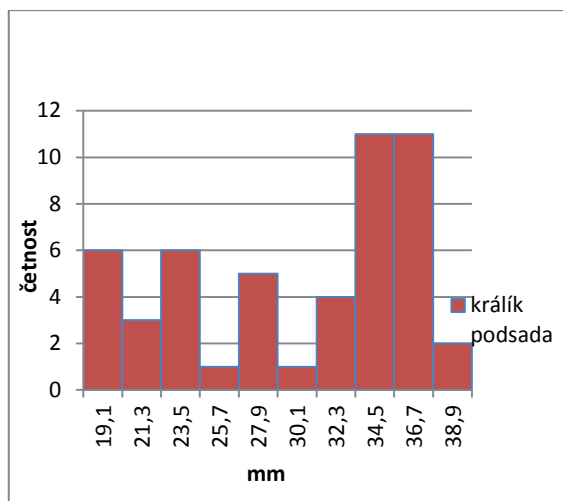
Obr. 20: Jemnost vláken polární lišky pesíků



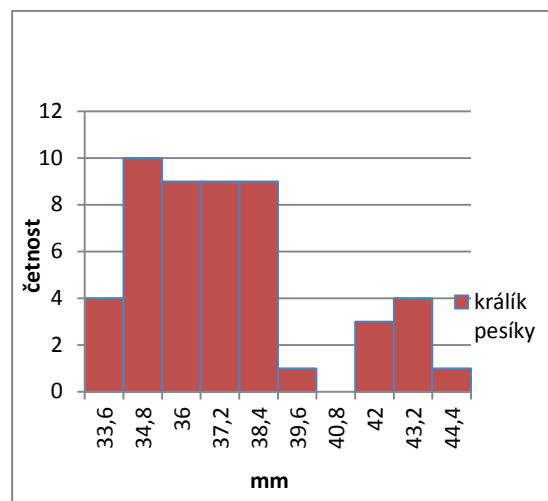
Obr. 21: Jemnost vláken vlny tuzemské podsady



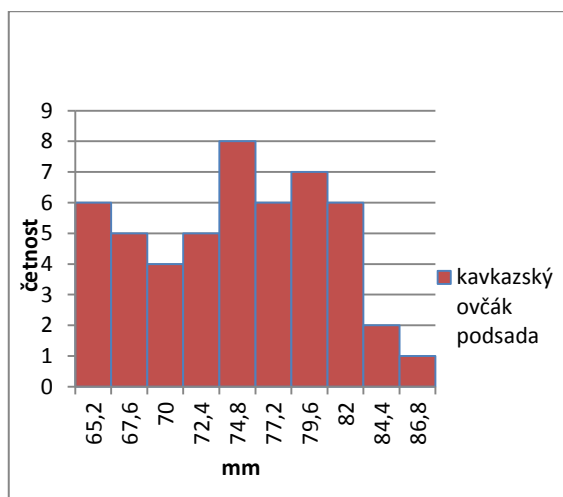
Obr. 22: Jemnost vláken vlny tuzemské pesíků



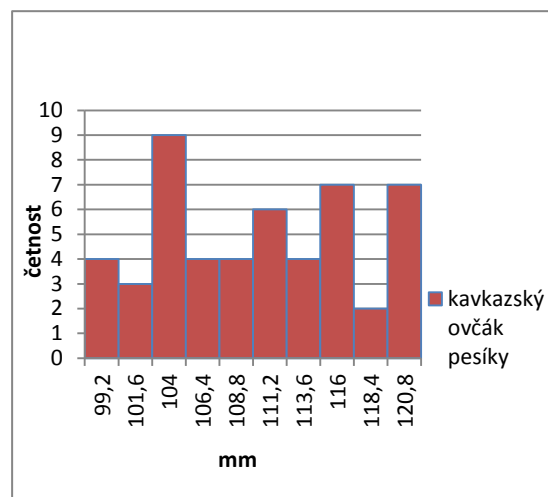
Obr. 23: Délka vláken králíka podsady



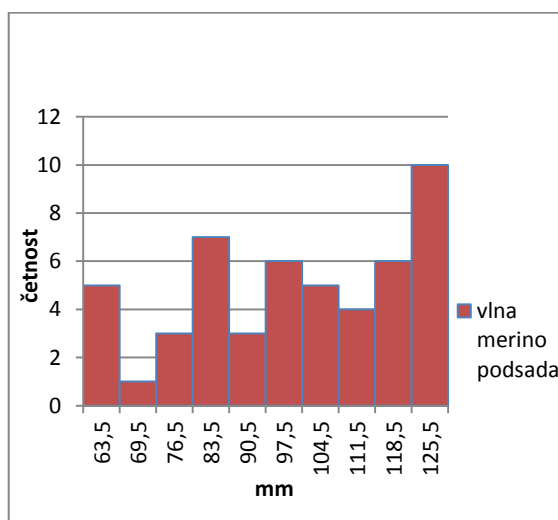
Obr. 24: Délka vláken králíka pesíků



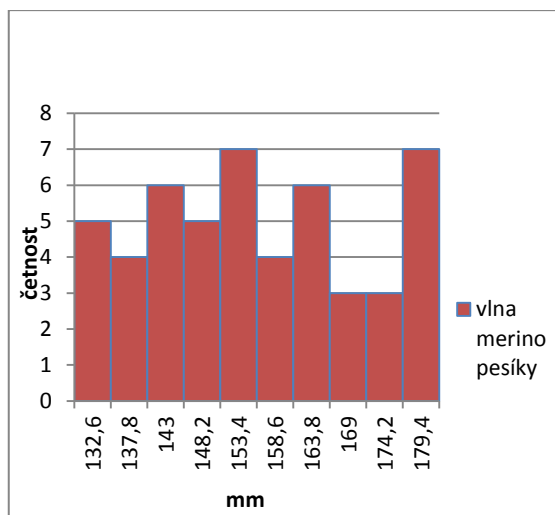
Obr. 25: Délka vláken kavkazského ovčáka podsady



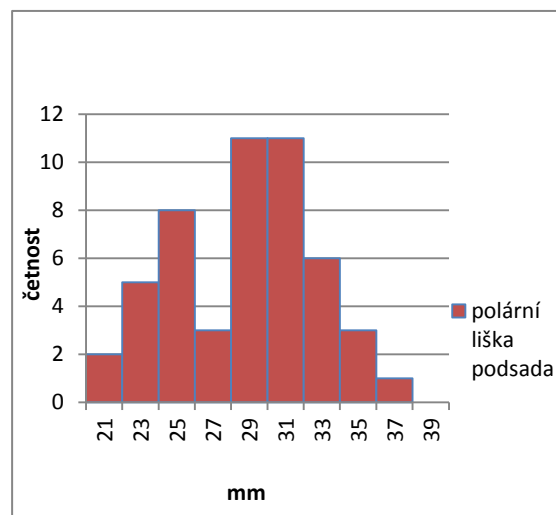
Obr. 26: Délka vláken kavkazského ovčáka pesíků



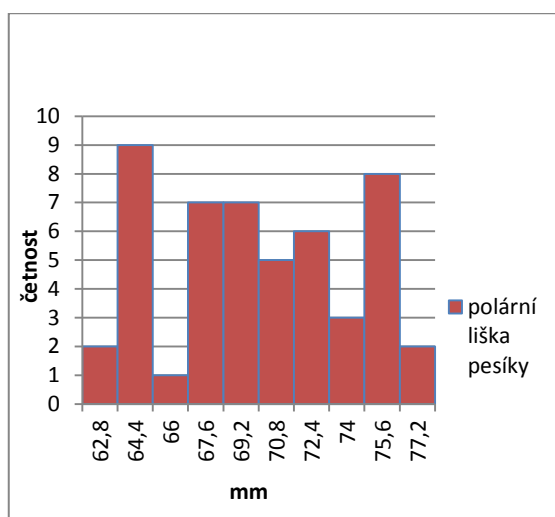
Obr. 27: Délka vláken vlny merino podsady



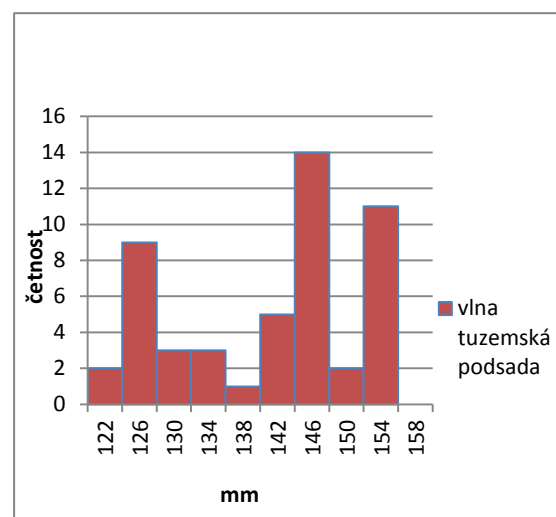
Obr. 28: Délka vláken vlny merino pesíků



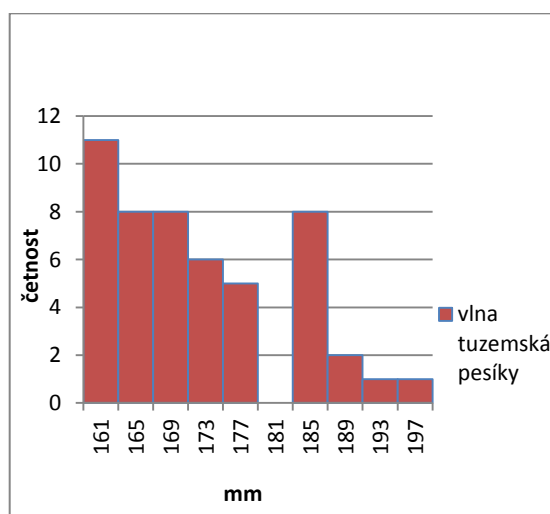
Obr. 29: Délka vláken polární lišky podsady



Obr. 30: Délka vláken polární lišky pesíků



Obr. 31: Délka vláken vlny tuzemské podsady



Obr. 32: Délka vláken vlny tuzemské pesíků